



神奈川県
自然環境保全センター

KANAGAWA

ISSN 1346 - 9738

神奈川県自然環境保全センター

研究報告

第 30 号

Bulletin of the
Kanagawa Prefecture Natural Environment Conservation Center

No. 30

2003. 3

目 次

短 報

丹沢山地のブナ林における外生菌根調査－(1) 林床植生の影響－

藤澤示弘 1

資 料

丹沢札掛モミ林におけるギャップ形成後1年目の高木性稚樹の更新

田村 淳・中島浩一・三橋正敏 9

携帯電話回線を利用したテレメータ山岳気象定点観測

中嶋伸行・山根正伸・高田康雄・豊長義治 15

携帯情報端末による四分角法林分調査野帳アプリケーションの開発

山根正伸・柴 芳夫 27

丹沢山地におけるブナのクロロフィル含量と衰退形態（予報）

齋藤央嗣 41

丹沢山地のブナ林における外生菌根調査

— (1) 林床植生の影響 —

藤澤示弘*

Ectomycorrhiza Investigation in the Beech Forest
in Tanzawa Mountains.

— (1) Effects of Differences in Forest Floor Vegetation. —

Tokihiro FUJISAWA*

要 旨

藤澤示弘：丹沢山地のブナ林における外生菌根調査(1)林床植生の影響 神奈川県自環保セ研報30: 1-7, 2003 神奈川県丹沢山地のニホンジカ採食により林床植生が退行したブナ林において、外生菌根の調査を行った。シカの採食から林床植生が保護されている植生保護柵内部と、採食を受ける柵外部との間で外生菌根の根端数と細根重量を比較した。結果はいずれも柵内の方が多く、菌根端数は柵外の2.3倍、細根重は柵外の1.3倍であり、影響は細根よりも菌根により強く表れると考えられた。細根重と菌根端数の間には正の相関が認められ、柵外は柵内よりも高い相関がみられた。これは、柵外では菌根数は細根の量に比例するのに対し、柵内では菌根が局所的に多い部分が存在するためと考えられた。林床の状態によって細根量、菌根数とその分布様式が異なっていたことは、植生保護柵が樹木根系の保護にも効果がある可能性が示唆された。

キーワード：ブナ、丹沢、森林衰退、外生菌根、林床植生、植生保護柵

I はじめに

丹沢山地は、神奈川県の西北部に横たわる面積約4万haの一大山塊であり、首都圏の一角に位置するにも関わらず、豊かな自然が残されている山地として注目されてきた。しかし、近年はブナ、モミの立ち枯れが丹沢山、蛭ヶ岳、檜洞丸など標高1,000m以上の山頂部や尾根部に多いことが報告されている(越地ら, 1996)。立ち枯れの原因については、酸性霧やオゾン等の大気汚染(神奈川県環境部大気保全課, 1994)、ならたけ病や食葉性害虫の被害(越地ら, 1996)、それらの複合要因説(越地・中

嶋, 1999)等が指摘されている。また、立ち枯れとともに、ニホンジカ(以降シカと表記)の採食による林床植生の退行も認められている(丹沢大山自然環境総合調査団, 1997)。

このような森林の変化に対し、樹木と共生する外生菌根菌も影響を受ける。樹木地上部の衰退と外生菌根菌の変化とは相互に密接な関係があり、酸性雨のような環境ストレスでは外生菌根の変化が地上部の衰退に先行する(福田, 1999)。また、外生菌根菌は土壤表層部に多く分布するが、森林の微生物相は落葉が除かれたり伐採や表土の流亡により変化する(小川, 1987)とされている。したがって、丹沢山地

* 神奈川県自然環境保全センター研究部(〒243-0121 神奈川県厚木市七沢657)

本報告の一部は、第113回日本林学会大会(2002)で発表した。

における森林衰退や林床植生退行による影響は、外生菌根にもおよんでいると考えられる。

森林の衰退原因を解明するには、「関係する要因についての基礎資料を集積していく必要がある」(越地・中嶋, 1997)とされている。しかし、森林において重要な役割を持つとされる外生菌根菌の野外研究例は、国内では少ない。海外では感染苗を使用した造林から高級食用きのこであるトリュフの生産まで、幅広く行われている。国内では主にきのこ学の観点から行われてきたため、マツタケなどの特定の菌種に限定されてきた(山田, 2001b)。近年になり森林内の外生菌根菌研究が展開されるようになった(例えば、二井・肘井, 2000)が、ブナ林に関しては小川ら(1981)の他には例がない。

筆者の所属する神奈川県自然環境保全センターでは、ブナ林衰退の機構解明のための研究調査を進めている。ブナ林の外生菌根菌についての基礎的知見を得ることは、衰退原因の解明ならびに保全再生にとり重要と考えられる。本研究では、シカにより林床植生が退行したブナ林について、植生保護柵(以降柵と表記)の有無により林床植生が異なる林分間の外生菌根数調査を行い、林床植生が外生菌根に与える影響について検討した。

II 材料と方法

調査地の位置は北緯 $35^{\circ}29'$ 、東経 $139^{\circ}10'$ 、清川村宮ヶ瀬地内丹沢県有林3林班(通称 丹沢堂平のブナ林)において行った(図1、2、写真1、2)。

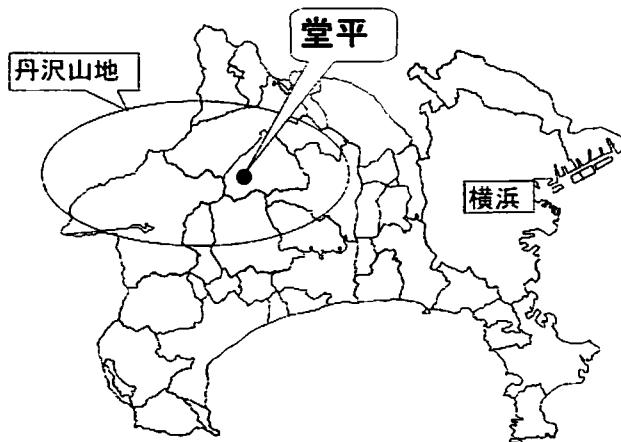


図1 位置図

調査地の標高は1,160 m、植生区分はヤマボウシ-ブナ群集がシカの採食により変化したクワガタソウ-ブナ群集(遠山・坂井, 1993)である。斜面方位は南、傾斜は20~32°、土壌は褐色森林土、調査時期は2001年12月である。

調査方法は、林分内に1997年に設置された柵内、柵外にそれぞれ $20\text{ m} \times 20\text{ m}$ のプロットを設定した。プロット内並びにプロット境界線外側より4 mまでの区域について毎木調査を行い、種名、位置、胸高直径を測定記録した。プロット内に4 m間隔の格子点を各36か所設定した。各格子点についてA₀層厚を測定し、格子点を中心とした4 m四方のA₀層被度を目視判定した。その後、各格子点より菌根試料を採取した。採取の方法は、内径46 mm円筒型ハンドオーガーを使用しA₀層を含む深さ20 cmの土壤約330 mlを円柱状で採取した。

採取土壤試料は、速やかに山田(2001a)の方法により洗浄処理した。その後、外生菌根を直接付ける可能性がある直径1 mm以下の木本類根系のみを拾い実体顕微鏡下で外生菌根の先端数をカウントした。判定基準は、菌鞘が明らかに認められた場合のみを外生菌根とした。なお、菌鞘の色に基づき黒色系と非黒色系に区分して計数した。計数後の根系は、60°Cで2週間風乾し乾燥重量を求めた。

III 結 果

毎木調査並びにA₀層調査結果を表1、付図1に示す。

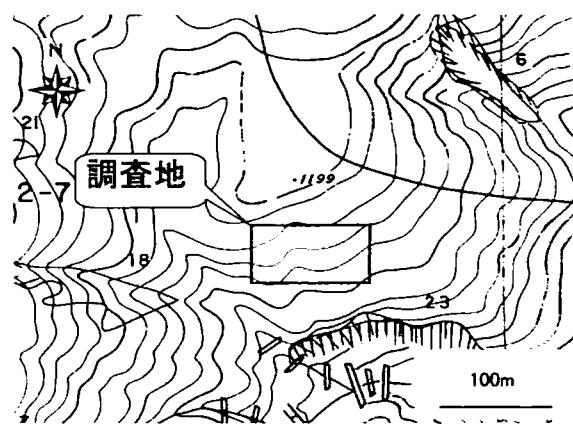


図2 調査箇所図

表1 每木調査、A₀層調査結果

項目	柵内	柵外
木本種(本)	52	45
外生菌根性樹種(内数)	(29)	(27)
非外生菌根性樹種(内数)	(23)	(18)
胸高直径(平均 cm)	21.9	21.4
成立本数(本/ha)	1,300	1,125
A ₀ 層厚(mm)	48.5	43.5
A ₀ 層被度(%)	75.7	62.5

主要な外生菌根性樹種はブナ、イヌシデ、サワシバ、非外生菌根性樹種はイタヤカエデ、オオモミジ、ヤマボウシ等が見られた。柵内外間の外生・非外生菌根性樹種本数に有意差はなく($\chi^2=0.18$, ns)、胸高直径にも有意差はなかった(U検定, $Z=0.707$, 1.290, ns)。A₀層の厚さは、柵内外間に有意差はなかったが(U検定, $Z=0.943$, ns)、A₀層の被度は柵内の方が有意に多かった(U検定, $Z=2.213$, $p<0.05$)。

採取土壤試料中の外生菌根は、黒色系、非黒色系とともに菌鞘色、菌鞘表面、外部菌糸、菌糸束等の特徴により区分される複数のタイプが出現した(写真3~6)。黒色系の中でも羊毛状の黒色外部菌糸を密生させるタイプについては、光学顕微鏡による菌鞘表面観察の結果、*Cenococcum geophilum*(以下Cgと表記)であった(写真3)。

柵内の総外生菌根数は28,776個、そのうち非黒色系25,286個、黒色系3,490個(内Cgは1,325個)、柵外はそれぞれ12,553個、11,198個、1,355個(450個)であった。柵内外間における出現数は、全て柵内の方が有意に多かった(図3、 $\chi^2=6368$, 5440, 941, 431, 全て $p<0.001$)。柵内外間ににおける黒色と非黒色のタイプ別菌根出現数も、柵内の方が有意に多かった($\chi^2=15.03$, $p<0.001$)。

直径1mm以下の細根重量合計は柵内7.63g、柵外5.81gでありこれも柵内の方が有意に多かった(図4、U検定, $Z=2.146$, $p<0.05$)。細根重量と外生菌根数の関係については、柵内外ともに1%有意で正の相関が認められた。特に柵外は $r=0.7281$ ($n=36$, $p<0.01$)と高い相関が認められたが、柵内では $r=0.5279$ ($n=36$, $p<0.01$)と、やや低い相関であった(図5)。

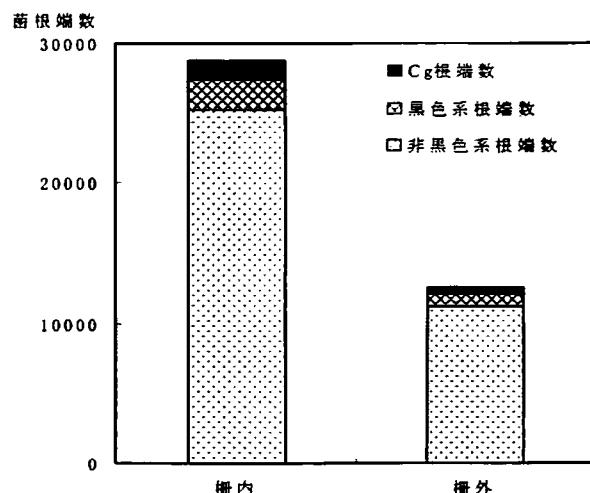
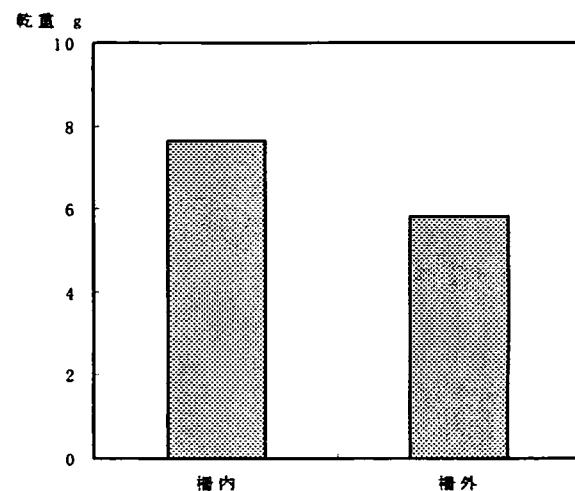
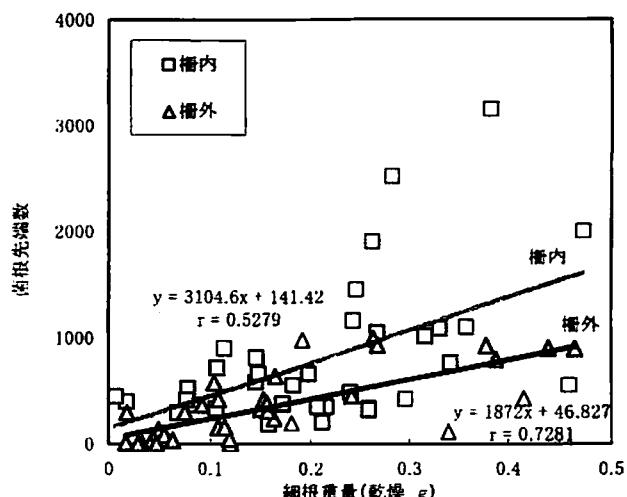


図3 植生保護柵 外生菌根根端数

図4 植生保護柵内外別総細根重量
直径1mm以下 乾重(g)図5 採取地点の細根重量と菌根数との関係
(線形は回帰直線を示す)

IV 考 察

柵内の細根重量および外生菌根端数は、柵外よりも有意に多かった。毎木調査の結果は、柵内外間には宿主樹木本数及び個体サイズには有意差がないことを示している。したがって、宿主樹木以外の原因により、調査プロット間の細根重量・外生菌根端数が異なったと考えられる。

柵によりシカの採食圧を除去すると林床植生の退行が止まり回復の傾向が認められる(田村・山根, 2002)とされている。実際に柵内は、柵外にはほとんど認められない健全なスズタケが見られ(写真2)、A₀層被度についても柵内の方が多かった(表1)。これらの点から、林床の状態により樹木の細根重量・外生菌根数は変化すると考えられる。また、柵外における黒色タイプの出現比率が柵内よりも有意に低かったことは、林床状態が外生菌根の種組成に影響している可能性を示している。

細根重量と外生菌根数の関係について、柵外の細根重量は柵内の76%であったが、柵外の外生菌根数は柵内の44%であった。したがって、林床植生退行の影響は、細根よりも外生菌根に強く現れると思われた。細根重量と外生菌根数間に有意な相関があり、柵内より柵外の方が高い相関が認められた。これは、柵外では外生菌根が根量に比例して平均的に分布するのに対し、柵内では外生菌根が局所的に多い部分がパッチ状に存在するためと考えられた(付図2)。

これらの結果から、柵が林床植生を保護・回復させることにより、樹木根系の保護にも効果がある可能性が示唆された。

土壤微生物の分布には数多くの要因が複雑に絡み合うとされる。一般に菌根の発達が著しい土壤層は、通気条件が良好で適当に乾燥する表層部に多い(苅住, 1979)との報告がある。国内ではマツタケ研究の成果により、アカマツ林については成林過程とともに林床状態と菌根性きのこの関係が示されている(小川, 1980)。他に林床植生と森林の外生菌根相の関係について、シラカンバ実生苗を用いて調査した事例(Hashimoto *et al.*, 2000)はあるが、もともと自然植生内における菌根の基本的性質についての研究は少なく(Allen MF, 1991)、林床状態の変化

が外生菌根に与える影響については、ほとんど知られていない。

今回の調査からは、ブナ林の外生菌根数が林床の状態により異なることが明らかになった。その原因解明については今後の課題としたい。

今後の調査の方向性としては、林床の状態が樹木根系に与える影響について、広域的な調査を実施し、森林衰退と外生菌根菌との関係についてさらに知見を積み重ねることになる。

しかし、ブナ等広葉樹の外生菌根は直径1mm未満と非常に細いことから、その定量には多くの労力を必要とする。さらに、土壤中の外生菌根菌バイオマス定量・定性手法はまだ統一されていない(山田, 2001a)。したがって、今後の調査実施には、ブナ外生菌根についての高精度かつ効率的な調査手法を確立する必要があると思われる。

V 謝 辞

本研究の実施にあたり、(独)森林総合研究所森林微生物研究領域微生物生態研究室の岡部宏秋室長には計画段階より示唆に富むご意見を頂いた。同九州支所森林微生物研究グループの明間民央氏には草稿に対し貴重なご助言を頂いた。西村幹雄氏、東京農工大学農学部森林資源管理学研究室 小出奏氏には試料の採取調整にあたりご協力を頂いた。神奈川県自然環境保全センターの各研究員にはとりまとめにあたり指導を頂いた。ここにお礼申し上げる。

VI 引用文献

- Allen MF (1991) *The Ecology of Mycorrhizae*. Cambridge University Press, 184pp. Cambridge & New York. (中坪孝之, 堀越孝雄訳 (1995) 菌根の生態学. 208pp, 共立出版, 東京.)
- 福田健二 (1999) 衰退度測定法. 74-76. 森林立地調査法. 森林立地調査法編集委員会編, 284pp, 博友社, 東京.
- Hashimoto, Y., Hyakumachi, M. (2000) Effects of Differences in Forest Floor and Canopy Vegetation on Ectomycorrhizas of *Betula platyphylla* var.*japonica*: A Test Using Seedlings Planted into

- Soils Taken from Various Sites. Journal of Forest Research 5 (1) : 39-42.
- 神奈川県環境部大気保全課(1994)酸性雨に係る調査研究報告書. 286 pp, 神奈川県, 横浜.
- 苅住 昇(1979)樹木根系図説. 1121 pp, 誠文堂新光社, 東京.
- 越地 正・鈴木 清・須賀一夫(1996)丹沢山地における森林衰退の調査研究(1)ブナ、モミ等の枯損実態. 神奈川県森林研研報 22 : 7-18.
- 越地 正・中嶋伸行(1997)丹沢山地の2,3の地点における気象の特徴(2). 神奈川県森林研研報 23 : 17-67.
- 越地 正・中嶋伸行(1999)酸性雨による樹木の衰退調査. 神奈川県森林研業報 31 : 40-41.
- 小川 真(1980)菌を通して森をみる. 279 pp, 創文, 東京.
- 小川 真・山家義人・石塚和裕(1981)ブナ・イヌブナ天然林の高等菌類と土壤微生物相. 林業試験場研究報告 314 : 71-88.
- 小川 真(1987)作物と土をつなぐ共生微生物. 241 pp, (社)農山漁村文化協会, 東京.
- 田村 淳・山根正伸(2002)丹沢山地ブナ帯のニホンジカ生息地におけるフェンス設置後5年間の林床植生の変化. 神奈川県自環保セ研報 29 : 1-6.
- 丹沢大山自然環境総合調査団(1997)調査のまとめと自然環境保全のための提言. 1-11. 丹沢大山総合調査報告書. (財)神奈川県公園協会・丹沢大山総合調査団企画委員会編, 635 pp, 神奈川県環境部, 横浜.
- 遠山三樹夫・坂井 敦(1993)神奈川のブナ林. 60 pp. (財)かながわ森林財団, 横浜.
- 山田明義(2001a)菌類の採集・検出と分離:外生菌根菌(I)採集法ならびに採集試料の前処理法. 日菌報 42 : 33-39.
- 山田明義(2001b)菌類の採集・検出と分離:外生菌根菌(III)分離培養法ならびに釣菌法. 日菌報 42 : 177-187.

引用文献中、下記文献が抜けておりました。
深くお詫び申し上げ、追記させていただきます。

二井一穎・肘井直樹(2000)森林微生物生態学.
322pp, 朝倉書店, 東京.

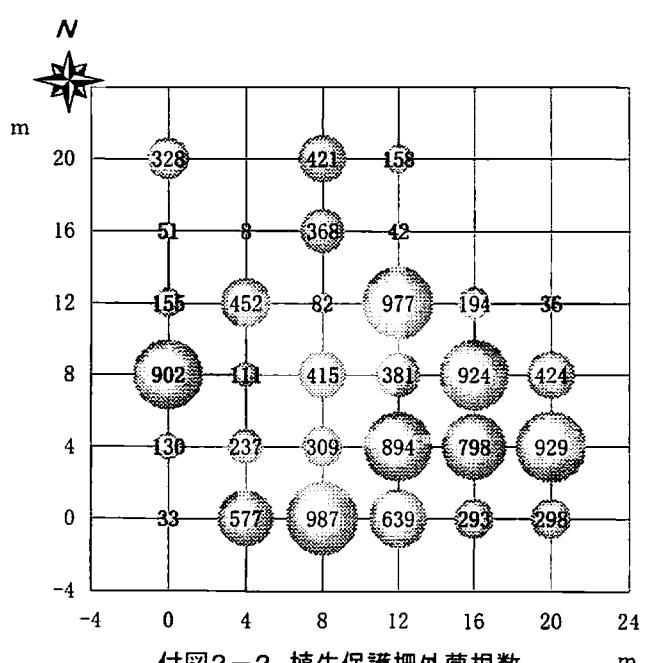
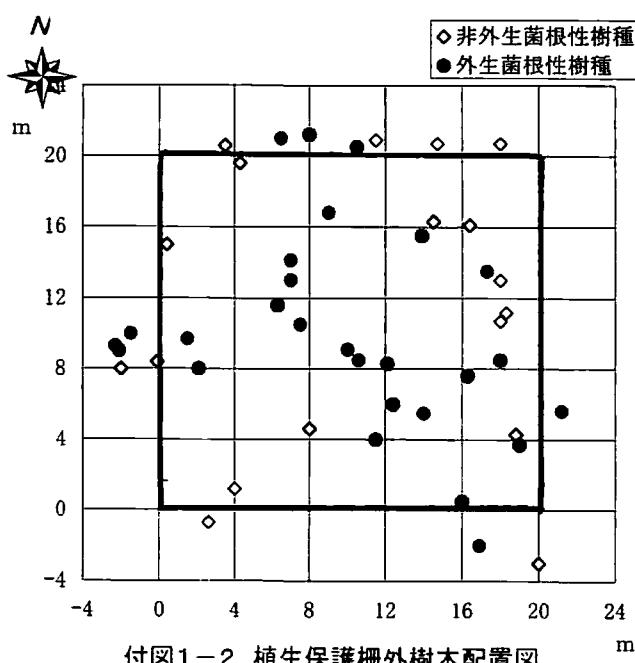
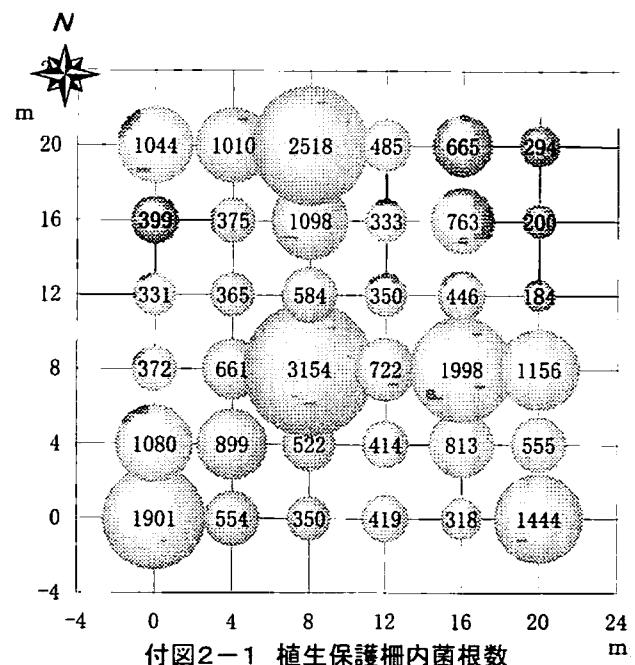
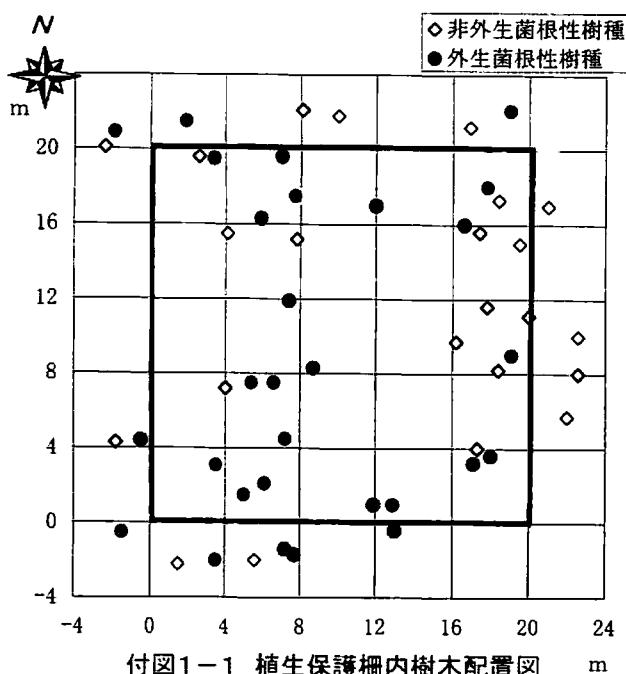




写真1 調査地状況



写真2 植生保護柵 左:柵外 右:柵内

観察された外生菌根の一部(実体顕微鏡写真)

写真3 *Cenococcum geophilum* (黒色タイプ)

写真4 黒色タイプ



写真5 非黒色タイプ



写真6 非黒色タイプ

丹沢札掛モミ林における ギャップ形成後1年目の高木性稚樹の更新

田村 淳^{*1}・中島浩一^{*2}・三橋正敏^{*1}

*The regeneration of tree seedlings under a first year gap of an *Abies firma* forest in Fudakake, Tanzawa Mountains*

Atsushi TAMURA^{*1}, Kouichi NAKAJIMA^{*2} and Masatoshi MITSUHASHI^{*1}

I はじめに

丹沢山地布川右岸の札掛モミ林は、大山のモミ林とともに神奈川県内では貴重なモミ林であり、国定公園特別保護地区や県指定の天然記念物に指定されている。1960年代において下層にスズタケが密生していたことが知られており、群落構造の解析から再生産性のある極相林の形態を保った群落であると報告されている(手塚・奥田, 1964)。その後1990年代になり平吹ほか(1992)、星ほか(1997)が、スズタケの衰退や、極相種の更新が極めて限られていることを指摘し、その要因として光環境の悪化とシカの採食の2要因をあげている。一般に樹木はギャップ更新する(山本, 1981)ため、札掛モミ林の更新を検討するには、ギャップ内の稚樹の生育状況を調べる必要があろう。

本研究では、2001年に札掛モミ林でギャップが形成されたことから、形成後1年目のギャップと林冠下で高木性稚樹の出現頻度、密度、稚樹高を調べた。ギャップと林冠下を比較することで、更新場所としてのギャップの評価を試みた。

II 調査地と方法

1 調査地

札掛モミ林は県有林であり、1952年頃まで炭焼きが行われていた履歴があるものの、比較的自然状態が保たれていることから丹沢大山国定公園特別保護地区(1965年)、神奈川県指定天然記念物(1973年)に指定されている。

調査地はモミ林のギャップおよび林冠下で、2 m四方の調査区をそれぞれに27か所、30か所設置した。ギャップは2001年秋から冬にかけて胸高直径約110 cmのモミの根元折れにより形成された。

ギャップおよび林冠下の開空度はそれぞれ21.0%、9.6%であり、ギャップは約2倍の明るさである。なお、ギャップと林冠下に植生保護柵を2003年3月に設置した。

2 方 法

2002年9月に調査区に出現した高木性稚樹を個体識別し、樹種名、稚樹高を記録した。なお、高木性稚樹は樹高10 m以上に成長する種と定義し、当年生実生を含む高さ1 m以下を対象とした。

*1 神奈川県自然環境保全センター研究部(〒243-0121 厚木市七沢657)

*2 神奈川県自然環境保全センター県有林部(〒243-0121 厚木市七沢657)

これらから、ギャップおよび林冠下での樹種ごとの出現頻度、密度、最大高、平均稚樹高を算出した。平均稚樹高は総計で5本以上のとき算出した。次に、今回出現した樹種が調査地域において過去に出現の記録があるかを見るために、宮脇ほか(1964)、平吹ほか(1992)の群落調査データを参照して調べた。

統計的処理として、出現頻度は χ^2 適合度検定またはFisherの直接確率計算法を用い、密度、平均稚樹高は二標本t検定を用いた。いずれも有意水準5%で処理した。

III 結 果

1 高木性稚樹の出現様式

ギャップおよび林冠下で合計26種の高木性稚樹

が出現した(表1)。ギャップでは22種、林冠下では13種が出現し、総面積はギャップで小さいものの出現種数はギャップで多かった。これらの内訳は、ギャップおよび林冠下の両方に出現したモミ、ケヤキなど9種、ギャップにのみ出現したアカメガシワ、カラスザンショウなど13種、林冠下にのみ出現したクマシデなど4種である。

出現頻度は、ギャップでアカメガシワ、カラスザンショウ、ケヤキが60%を越え、林冠下ではモミとケヤキが50%以上と多かった(表1)。ギャップで出現頻度が有意に高かった樹種は7種あり、サワシバ、アカメガシワ、カラスザンショウ、イイギリ、ヤマグワ、スギ、フサザクラである。林冠下で出現頻度が有意に高かった樹種はモミ1種だった。

密度も出現頻度と同様の傾向を示し、出現頻度の

表1 高木性稚樹の概要

樹種名	学名	出現頻度(%)		密度(n/4m ²)	
		Gap	Canopy	gap	canopy
モミ	<i>Abies firma</i>	33.3	73.3***	0.48	1.27**
ケヤキ	<i>Zelkova serrata</i>	63.0	53.3	1.52	0.90
サワシバ	<i>Carpinus cordata</i>	33.3**	3.3	0.63**	0.03
イロハモミジ	<i>Acer palmatum</i>	33.3	23.3	0.41	0.27
シキミ	<i>Illicium anisatum</i>	14.7	10.0	0.19	0.13
イタヤカエデ	<i>Acer mono</i>	14.7	6.7	0.15	0.07
イヌシデ	<i>Carpinus tschonoskii</i>	11.0	3.3	0.11	0.03
カヤ	<i>Torreya nucifera</i>	3.7	16.7	0.07	0.20
コナラ	<i>Quercus serrata</i>	3.7	3.3	0.04	0.03
アカメガシワ	<i>Mallotus japonicus</i>	96.3***		7.30	
カラスザンショウ	<i>Zanthoxylum ailanthoides</i>	63.0***		1.78	
イイギリ	<i>Idesia polycarpa</i>	40.7***		1.19	
ヤマグワ	<i>Morus australis</i>	48.0***		0.93	
フサザクラ	<i>Euptelea polyandra</i>	22.3**		0.22	
スギ	<i>Cryptomeria japonica</i>	18.7*		0.30	
アサダ	<i>Ostrya japonica</i>	3.7		0.04	
オオバアサガラ	<i>Pterostyrax hispida</i>	3.7		0.04	
ケヤマハンノキ	<i>Alnus hirsuta</i>	3.7		0.04	
ネムノキ	<i>Albizia julibrissin</i>	3.7		0.04	
ホオノキ	<i>Magnolia obovata</i>	3.7		0.04	
ミズメ	<i>Betula grossa</i>	3.7		0.04	
ヤマハゼ	<i>Rhus sylvestris</i>	3.7		0.04	
クマシデ	<i>Carpinus japonica</i>		3.3		0.03
シロダモ	<i>Neolitsea sericea</i>		3.3		0.03
ヤマザクラ	<i>Prunus jamasakura</i>		3.3		0.03
ヤマボウシ	<i>Benthamidia japonica</i>		3.3		0.03

*** : p < 0.001, ** : p < 0.01, * : p < 0.05

高い樹種ほど密度も高かった(表1)。一方で、両方に出現したコナラ、ギャップに出現したアサダ、オオバアサガラなど7種、林冠下に出現したクマシデ、シロダモなど4種の合計12種は、出現頻度、密度ともに低かった。

2 過去の出現記録

今回ギャップおよび林冠下で出現した樹種のうち低頻度のコナラを除く樹種は、過去に各階層で高頻度に出現していた(表2)。その一方でギャップに

のみ出現した樹種と林冠下にのみ出現した樹種は過去の出現頻度が低いか、今回はじめて出現する樹種であった。はじめての樹種は、出現頻度が高かったアカメガシワ、イイギリと低頻度のオオバアサガラなど8種である。

3 稚樹高

ギャップおよび林冠下に関わらずどの樹種も稚樹高は低かった。最大高が20 cmを越えた樹種はギャップのシキミ(44.0 cm)とアカメガシワ(23.0

表2 今回の出現樹種の過去の出現頻度

今回の出現様式	出現の偏り	樹種名	1964(n=8) ¹⁾				1992(n=5) ²⁾			
			B1	B2	S	K	B1	B2	S	K
ギャップおよび林冠下	canopy	モミ	V	III	I	IV	V	IV	IV	IV
	ns	ケヤキ	II				I	I		II
	gap	サワシバ		I	II	II	IV	III		I
	ns	イロハモミジ	II	V	I		III	V		II
	ns	シキミ					III	V	II	IV
	ns	イタヤカエデ	II			II	III	V		I
	ns	イヌシデ	II	I			III	I		I
	ns	カヤ	II	II	V		II	IV	I	II
	r	コナラ		I	I		I			
ギャップのみ	gap	アカメガシワ								
	gap	カラスザンショウ					I			
	gap	イイギリ								
	gap	ヤマグワ				IV		I		
	gap	フサザクラ						I	I	I
	gap	スギ						I		I
	r	アサダ					I			I
	r	オオバアサガラ								
	r	ケヤマハンノキ								
	r	ネムノキ								
林冠下のみ	r	ホオノキ			II			I	I	I
	r	ミズメ								
	r	ヤマハゼ								
	r	クマシデ			II					
	r	シロダモ								
	r	ヤマザクラ	I		I	I				
	r	ヤマボウシ							IV	

1) : 宮脇ほか(1964), 2) 平吹ほか(1992)

B1 : 高木層, B2 : 亜高木層, S : 低木層, K : 草本層

I : 0~20%, II : 20~40%, III : 40~60%, IV : 60~80%, V : 80~100%

ns : no significance, r : rare

cm)の2種のみで、林冠下にはなかった(図1)。

両方に出現した樹種の最大高は、モミとカヤを除きギャップで大きい傾向があった。平均稚樹高はギャップ、林冠下に関わらずシキミを除きどの樹種も10 cm未満であった。両方に出現した樹種のうちケヤキとイロハモミジはギャップで平均稚樹高が有意に高かったが、モミには有意差がなかった(図2)。

IV 考 察

出現様式としてギャップおよび林冠下の両方に出現するモミ、ケヤキなどの樹種と、ギャップにのみ出現するアカメガシワ、カラスザンショウなどの樹種があった(表1)。前者は過去にモミ林の各階層で高頻度に出現しており、後者は過去にほとんど出現していなかった(表2)。これらのこととは、両方に出現した樹種はモミ林の主要構成樹種であり、ギャップにのみ出現した樹種は攪乱に依存する先駆樹種であることを示している。

ギャップおよび林冠下の両方に出現する樹種において、ギャップと林冠下で出現頻度、密度に統計的有意差が認められなかつた種が多かつたことは、これらの稚樹がギャップ形成後に一斉に出現したというよりも、ギャップ形成以前から存在していたことを示す。一方ギャップにのみ出現した樹種はギャップ形成後に出現したことを示す。これらより、前者は林床で実生個体群(シードリングバンク)をつくる樹種で、後者は土壤種子個体群(土壤シード

バンク)をつくりギャップ形成などの攪乱後にはじめて出現する樹種と考えられる。二宮・荻野(1986)はモミ・ツガ林の埋土種子の調査から、モミ、シデ類は実生個体群をつくり、アカメガシワ、カラスザンショウは土壤種子個体群をつくることを報告しており、本研究の結果と一致する。

ギャップおよび林冠下の両方に出現する樹種のうちモミの出現頻度、密度が林冠下に偏つたことは、モミがほかの樹種よりも耐陰性が高いことを示唆する。モミの更新は上層の樹冠に支配され、落葉広葉樹林下で更新が進むという報告(浜名・高橋, 1991; Agetsuma, 1992)や常緑広葉樹林下では更新できないという報告(浜名・高橋, 1991; 山下, 1994)がある。今回調査した林冠下では常緑のモミが上層を占めるため、更新が進まないことが想定される。これらより、モミは耐陰性があり実生個体群を形成するが、林冠に到達するにはギャップ形成が必要と考えられる。

ギャップと林冠下の両方に出現した樹種の最大高はモミとカヤを除きギャップで大きい傾向があつたこと、およびケヤキとイロハモミジの2種はギャップで平均稚樹高が有意に高かつたことは、ギャップ形成による光環境の好転に反応した樹種が多かつたことを示唆する。その一方で、林冠下ではスズタケがないにも関わらずどの樹種も稚樹高が低かつたことは、実生個体群を形成しても消長がくりかえされている結果と考えられる。

以上より、ギャップはモミ林構成種のみでなく先駆樹種にもハビタットを提供する点で、また光

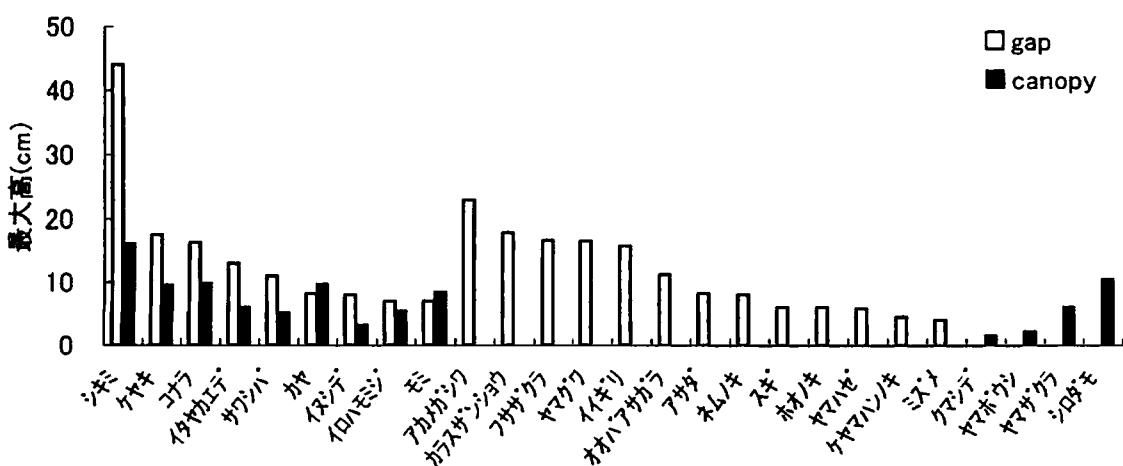


図1 ギャップおよび林冠下での稚樹の最大高

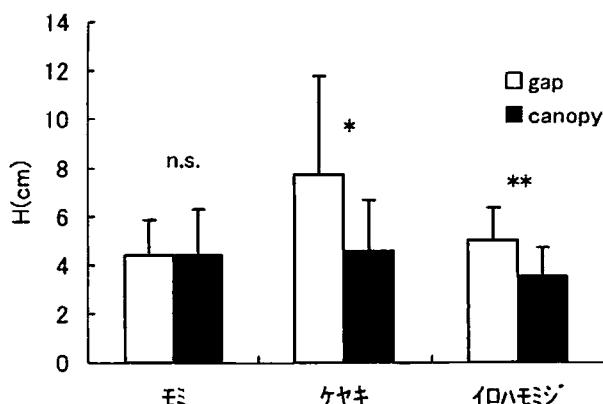


図2 ギャップおよび林冠下に出現した3樹種の稚樹高

* : $p < 0.001$, ** : $p < 0.05$, n.s. : no significance

環境の改善により樹高成長を促進させる点で重要であると考えられた。今後どの樹種がギャップを優占するかについては、高木性樹種それぞれの生活史特性や共存する樹種の種間関係、そして調査地域に生息するシカの採食が影響していくと思われる。そのため、稚樹の生残を追跡調査することでモミ林の維持機構を言及したい。

V 謝 辞

草稿を読んでご助言をいただいた神奈川県自然環境保全センター山根正伸主任研究員、および現地調査でご協力いただいた中村昌子さんと中西のりこさんにお礼申し上げる。

VI 引用文献

Agetsuma, N (1992) Distribution pattern and age structure of *Abies firma* saplings in a mature

mixed forest of *A. firma* and *Fagus japonica*. *Ecol. Res.* 7 : 387-389.

浜名成之・高橋啓二 (1991) 丹沢大山におけるモミの更新について. 42回日林論 : 195-197.

平吹喜彦・持田幸良・富野美子・遠山三樹夫 (1992) 丹沢札掛のモミ林—現況とその遷移—. 51-113+5pl. 天然記念物調査報告書(第2報). 自然環境保全調査会(編), 137 pp, 神奈川県教育委員会文化財保護課, 神奈川.

星直斗・山本詠子・吉川菊葉・川村美岐・持田幸良・遠山三樹夫 (1997) 丹沢山地の自然林. 175-257. 丹沢大山総合調査報告書. (財) 神奈川県公園協会・丹沢大山自然環境総合調査団企画委員会(編), 635 pp, 神奈川県環境部, 神奈川.

宮脇 昭・大場達之・村瀬信義 (1964) 丹沢山塊の植生. 54-102. 丹沢大山学術調査報告書. (財) 国立公園協会(編), 477 pp, 神奈川県, 神奈川.

二宮生夫・荻野和彦 (1986) 米野々演習林モミ・ツガ天然生二次林における埋土種子集団—その群集構造、発芽過程と斜面地形との関係ー. 愛媛大学農学部演習林報告 25 : 29-41.

手塚映男・奥田重俊 (1964) モミ林の群落構造. 125-139. 丹沢大山学術調査報告書. (財) 国立公園協会(編), 477 pp, 神奈川県, 神奈川.

山本進一 (1981) 極相林の維持機構—ギャップダイナミクスの視点からー. 生物科学 33 (1) : 8-16.

山下寿之 (1994) 分布北限域のスタジイ林内における種子散布と実生および稚樹の分布. 日生態会誌 44 : 9-19.

携帯電話回線を利用したテレメータ山岳気象定点観測

中嶋伸行^{*1}・山根正伸^{*1}・高田康雄^{*2}・豊長義治^{*3}

Stationary telemetry mountain meteorological observation system
using personal digital cellularsystem

Nobuyuki NAKAJIMA^{*1}, Masanobu YAMANE^{*1}, Yasuo TAKADA^{*2} and Yoshiharu TOYONAGA^{*3}

要 旨

中嶋伸行・山根正伸・高田康雄・豊長義治：携帯電話回線を利用したテレメータ山岳気象定点観測 神奈川県自環保セ研報30：15-26, 2003 丹沢山地の檜洞丸と丹沢山の山頂に、一般携帯電話回線を利用した気象観測装置を設置し、数か月間の稼動状況から、テレメータ山岳気象定点観測の可能性と安定的な観測システムの条件を検討した。今回の事例では、即時性の高いデータの取得が可能になるとともに、作業効率が著しく向上し、コストパフォーマンスは非常に大きいと考えられた。一般携帯電話と衛星携帯電話の通信コストの比較では、NTT一般電話から発信するシステムによる今回の事例においても、30%以上のコストダウンになった。今後の課題として、太陽電池モジュールの設置角度、一般携帯電話のUHF特性を考慮した、電波の干渉対策および通信テスト方法等を示した。

キーワード：山岳気象、定点観測、携帯電話、テレメータ、UHF

I はじめに

山岳気象は、山という複雑な地形によって引き起こされる上昇・下降流や、空気の遮蔽などの影響で、平地の気象に比べてはるかに複雑である(例えば、浅井ら, 1986)。森林生態系や斜面崩壊などの山地災害は、この複雑な気象条件に起因しているため、山岳気象を観測することは、各種研究の基礎であり、その意義は大きいと考えられる。

しかし、山岳気象観測は、電源の確保、機器類の耐候性、運搬・設置などを含めたコストの高さ、観測地までのアクセスなどの問題があり、継続的な山岳気象観測例は少ない。丹沢山地では、昭和43年からの塔ノ岳での7、8月の夏山気象観測(日本気象協会)が最長である。通年観測は、大山(神奈川

県, 1994)、西丹沢・檜洞丸(戸塚ら, 1997)、東丹沢・堂平(中嶋・越地, 2001)などの例があるが、いずれも観測期間が短い。

山岳気象に対するニーズが高いにもかかわらず、継続的な山岳気象観測を妨げてきた最大の原因是、電源確保の難しさとデータ回収の労力であると思われる。電源に関しては、最近、低コストの太陽電池モジュールや、消費電力が小さく耐候性に優れた気象観測機器類が開発され(例えば、日本農業気象学会, 2002)、この問題はかなり解決されてきている。このため、省力的なデータ回収方法が、継続的な山岳気象観測に残された大きな課題となっている。これまで、山岳地の定点気象観測は、通信手段が限られるため、データ回収は、現地で、観測者がデータロガーにパソコンを接続したり、センサと記録装置

* 1 神奈川県自然環境保全センター研究部(〒243-0121 神奈川県厚木市七沢657)

* 2 コーナシステム㈱(〒108-0073 東京都港区三田2-14-5)

* 3 リー・エス・ディ(〒112-0004 東京都文京区後楽1-7-12)

が一体化された機器を、機器ごと交換するといった方法が主流であった。

しかし、これらの方法は、早期に異常値の発見ができないことや、記録装置の容量を越えてしまったデータが記録されないことなどの問題点がある。したがって、観測データが転送できれば、これらの問題を解決できるとともに、即時性の高いデータは、山地防災などへの利用が可能になる。

データの転送については、衛星携帯電話回線の利用が最も確実性が高いと考えられるが、このシステムは、設備費、通信費ともにコストが高い。この解決策の一つに、一般の携帯電話回線の利用があり、大幅なコストダウンが可能となって、山岳気象観測の普及にも役立つと思われる。

そこで、丹沢山地の山岳気象の定点観測に、一般携帯電話回線を利用したシステムを導入したので、その機器構成、設置方法等について紹介する。また、実際に設置した気象観測システムの数か月間の稼動状況から、一般携帯電話回線を利用したデータ山岳気象定点観測システムの、コストパフォーマンスおよび安定的な観測システムの条件を探ったので、ここに報告する。

II 材料と方法

1 定点観測地

新設した定点気象観測地は、檜洞丸山頂(北緯 $35^{\circ}28'35''$ 、東経 $139^{\circ}6'20''$ 、標高1,601m)と、丹沢山山頂(北緯 $35^{\circ}28'27''$ 、東経 $139^{\circ}9'46''$ 、標高1,567m)の2地点(図1)である。

2 観測の内容

気象観測の内容は、檜洞丸に設置した気象観測局(以下、檜洞丸局という)は、気温、相対湿度、雨量の3項目、丹沢山に設置した気象観測局(以下、丹沢山局という)は、気温、雨量の2項目である。

3 機器の構成と仕様

檜洞丸局、丹沢山局とも、基本的な機器構成は同じで、計測、記録、通信、電源の各部に大別できる。

計測部は各観測項目に必要なセンサ、記録部はデータロガー、通信部は携帯電話、アダプター、外部アンテナ、電源部は太陽電池モジュール(以下、ソーラーパネルという)と蓄電池が主な機器である。各局から送信されたデータは、モ뎀を使用して、事務所内のパソコンに取込む。さらに、現在、丹沢山局の観測結果は、当センター研究部のWeb管理を所管する、神奈川県農業総合研究所(平塚市上吉沢)に転送し、随時Web更新している(図2)。

データ通信に利用した携帯電話は、株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ(以下、DoCoMoという)の、周波数800MHz帯のデジタル携帯電話(Personal Digital Cellularsystem; 以下、PDCという)で、一般に、mova(以下、ムーバという)と呼ばれている。通信速度は、9600bpsである。

各機器類の仕様は、表1のとおりである。

4 観測の方法

(1) 檜洞丸局

観測は、毎正時に行った。

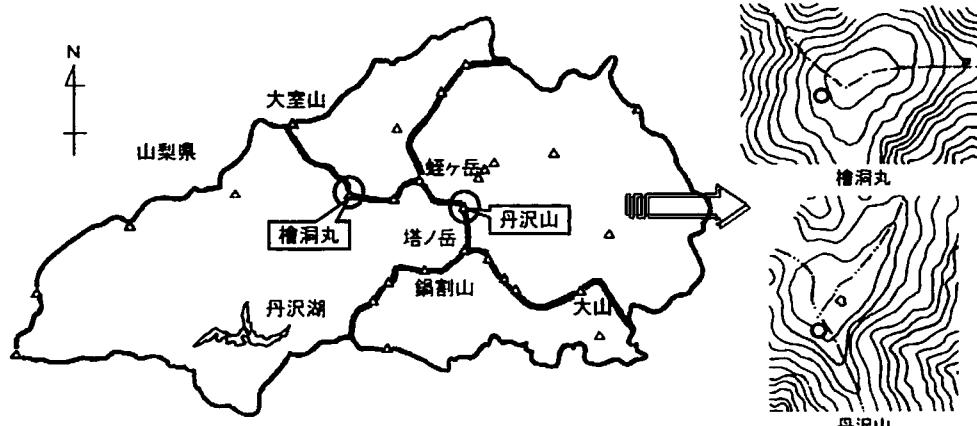


図1 気象観測装置の設置場所

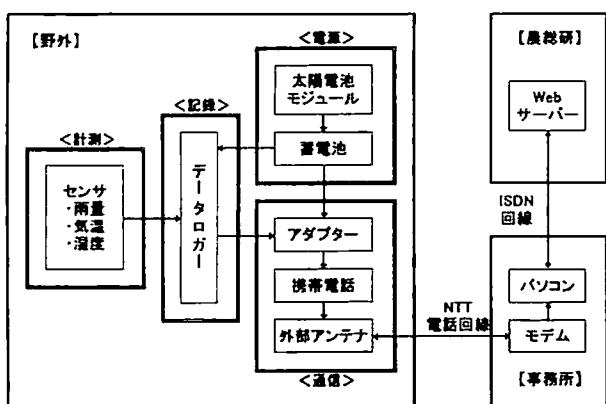


図2 気象観測装置の設置場所

データロガーに収録する値は、気温(℃)および相対湿度(%)は瞬間値、雨量(mm)は積算値である。気温および相対湿度の日統計値は、日平均は1時から24時の毎正時の24回平均値、最高および最低は1時から24時の毎正時値中の最高値および最低値として算出した。

(2) 丹沢山局

観測は、気温(℃)は2秒ごと、雨量(mm)は毎10分ごとに行なった。

データロガーに収録する値は、気温は毎10分ごとの観測値の平均値、雨量は積算値である。気温の日

表1 気象観測機器類の仕様

局名	分類	名 称	品 番・形 式	メー カー	数 量	摘 要
檜洞丸局	計測	転倒ます型雨量計	No.34-T	株大田計器製作所	1	0.5mm/pls 気象庁検定付
	記録	静電容量式温湿度計	HMP45D	ヴァイサラ㈱	1	気象庁検定付
	電源	データロガー	KADEC-HNJ	コーナシステム㈱	1	
	電源	太陽電池モジュール	SX-40U	㈱エム・エス・ケイ	1	40W, 単結晶シリコン
		蓄電池	HP38-12W	新神戸電機㈱	1	鉛シール式, 12VDC, 38Ah
		チャージコントローラ	ソラリクスAlpha	㈱エム・エス・ケイ	1	
	通信	携帯電話	D211i	三菱電機㈱	1	mova, 800MHz帯PDC
		モバイルデータアダプタ	96F2	㈱エヌ・ティ・ティ・ドコモ	1	
		外部アンテナ	mova用	㈱エヌ・ティ・ティ・ドコモ	1	車載用簡易アンテナ
	計測	転倒ます型雨量計	N-68	㈱日本エレクトリック・インスルメント	1	0.5mm/pls
丹沢山局		温度センサ	TY7810 Pt100Ω	㈱山武	1	
	記録	計測コンピュータ	GreenKit80	㈱イー・エス・ディ	1	
	電源	太陽電池モジュール	GT136	昭和ソーラーエネルギー㈱	3	55W, 単結晶シリコン
		蓄電池	GPL-24	LIFELINE社(米国)	2	鉛シール式, 12VDC, 80Ah
		チャージコントローラ	SS-10L-12V	MORNINGSTAR社(米国)	1	
	通信	携帯電話	D504i	三菱電機㈱	1	mova, 800MHz帯PDC
		車載アダプター	D003	㈱エヌ・ティ・ティ・ドコモ	1	
		モバイルデータアダプタ	96F2	㈱エヌ・ティ・ティ・ドコモ	1	
		外部アンテナ(交換前)	mova用	㈱エヌ・ティ・ティ・ドコモ	1	車載用簡易アンテナ
		外部アンテナ(交換後)	ビームタイプ	(有)Major Shop	1	
受信局	通信	ターミナルアダプター	TA-103	㈱高見澤電機製作所	1	
		モデム	ME5614E	オムロン㈱	1	
	解析	パーソナルコンピュータ	2300C	DELL社(米国)	1	メモリ128MB
		オペレーティングシステム	WindowsXP Professional	Microsoft社(米国)	1	
		コントロールソフト	KADEC-HNJ Control Soft Ver2.0	コーナシステム㈱	1	檜洞丸局対応
		コントロールソフト	DL-400	㈱イー・エス・ディ	1	丹沢山局対応

統計値は、日平均は1時から24時の全観測値の平均値、最高および最低は1時から24時の全観測値中の最高値および最低値として算出した。

III 結 果

1 装置の設置

(1) 檜洞丸局

通信に関する事前調査を2002年4月23日に行つた。この調査では、PDCの使用可能な場所は1か所のみで、ここを気象観測装置の設置場所とした。設置は、2002年6月22日から23日にかけて行った。工具等を含めた資材の総重量は約130 kgで(表2)、当センター(厚木市七沢)から登山道入口(東沢林道終点付近)までライトバンにて輸送し、山頂までは5人で人肩運搬した。登山道入口から山頂までは、直線距離約1.4 km、標高差約650 mで、人肩運搬には約3時間要した。

機器の設置は、技術者3人で行った。まず、設置固定板、アンカー、ワイヤーで支柱を固定し、これにソーラーパネル、センサ、収納箱等を取り付け

た。この作業に約2時間要した。次に、電気配線と、動作・通信確認を行って、設置作業を完了した。この作業に約3時間要した。総作業時間は、約5時間であった。

(2) 丹沢山局

通信に関する事前調査を2002年9月18日に行つた。この調査で、山頂の西側と北側のそれぞれ数か所でPDCが使用できることを確認し、このうち、音声通話が最も良好な山頂西側の1か所を気象観測装置の設置場所とした。

設置は、2002年10月15日から16日にかけて行った。資材は、当センターから最寄のヘリポート(津久井町青根)までトラックにて輸送し、事前に、ヘリコプターで丹沢山山頂まで空輸した。空輸した資材の総重量は約350 kgで、このうち、工事関連のものは約300 kgであった(表3)。

機器の設置は、技術者5人で行なった。まず、単管パイプ、記録装置等の収納箱の組立てを行つた。この作業に約2時間要した。次に、ソーラーパネルの設置、電気配線、アース埋設等を行つた。この

表2 檜洞丸局設置のために運搬した資材および重量

区分	名称	数量	単位重量 (kg)	重量 (kg)	摘要
観測機器類	雨量計	1	3.0	3.0	
	雨量計用台座	1	7.0	7.0	
	温湿度センサ	1	1.0	1.0	自然通風式シェルタを含む
	記録部 データロガー	1	2.0	2.0	
	通信部 通信ユニット	1	3.0	3.0	携帯電話、アダプター等を含む
	外部アンテナ	1	1.0	1.0	ケーブル等を含む
電源部	太陽電池モジュール	1	7.0	7.0	取付器具等を含む
	チャージコントローラ	1	1.0	1.0	取付金具等を含む
	蓄電池	1	15.0	15.0	
	支柱	2	7.0	14.0	野外収納箱取付用
装置関連設備	支持・固定 接地固定板	2	10.0	20.0	
	アンカー類(一式)	1	9.0	9.0	
	ワイヤー類(一式)	1	3.0	3.0	
	収納 メイン装置収納箱	1	22.0	22.0	
配線	蓄電池収納箱	1	5.0	5.0	
	CD管	1	7.0	7.0	配線保護用
	その他 工具等(一式)	1	10.0	10.0	
計					130.0

※ 重量には、梱包用資材を含む。

表3 丹沢山局設置のために空輸した資材および重量

区分	名称	数量	単位重量 (kg)	重量 (kg)	摘要
観測機器類	雨量計	1	3.0	3.0	
	雨量計	1	5.0	5.0	
	雨量計用台座	1	7.0	7.0	
	温湿度センサ	1	3.0	3.0	自然通風式シェルタを含む
記録部	計測制御コンピュータ	1	3.0	3.0	ケーブル等を含む
通信部	通信ユニット	1	3.0	3.0	携帯電話、アダプター等を含む
	外部アンテナ	1	1.0	1.0	ケーブル等を含む
電源部	太陽電池モジュール	3	6.0	18.0	
	チャージコントローラ	1	3.0	3.0	取付金具等を含む
	蓄電池	2	24.0	48.0	
装置関連設備	支持・固定	単管パイプ(一式)	1	95.0	95.0 クランプ、ジョイントを含む
		コンクリートブロック	4	7.0	28.0 小型物置据付用
		ワイヤー類(一式)	1	5.0	5.0
その他	収納	小型物置	1	34.0	観測機器類収納用
		大型工具(一式)	1	20.0	スコップ、ハンマー等
工事関連	小型工具(一式)	1	5.0	5.0	ペンチ、ドライバー等
	消耗品類(一式)	1	10.0	10.0	塗料、バテ、絶縁テープ等
	その他	1	10.0	10.0	シート、工事用ロープ等
	(小計)			(298.0)	
その他	宿泊関連	宿泊用雑品一式	1	50.0	食料、簡易暖房器具等
		計		348.0	

※ 重量には、梱包用資材を含む。

作業に約2時間要した。最後に、動作・通信確認を約1時間ほど行い、設置作業を完了した。総作業時間は、約5時間であった。

2 経 費

檜洞丸局、丹沢山局とも、事務所にある東日本電信電話株式会社(以下、NTTという)の一般電話の発信に応答するシステムで、現地のPDCは受信専用である。このため、データ通信に対する課金は、PDCへではなく、NTT一般電話に対して行われる。

以下に記述した価格は、機器の設置に関する費用は設置時、通信に関する費用は2003年1月末現在のものである。なお、NTT通話料金は、平日料金(表4)で算出したものである。

(1) 檜洞丸局

設置に要した費用は、総額約256万円で、資材費、設置費、運搬費に分類すると、それぞれ、約208万円、約42万円、約7万円であった。資材費の

表4 NTT一般電話から発信した場合の受信機別通話時間(平日)

(10円でかけられる秒数)

通話時間帯	PDC	衛星携帯電話
昼間(8:00-19:00)	23	10
夜間(19:00-23:00)	23	17
深夜・早朝(23:00-8:00)	30	25

※ 発信および受信が同一営業区域内の場合。

うち、データ通信用設備(PDC、外部アンテナ、アダプタ等)に要した経費は約4万円であった(金額はいずれも税込)。

現在、1週間に1回程度の頻度でデータ回収を行っている。毎月のデータ通信に要する費用は4,020円で、衛星携帯電話を利用した場合の66%と試算された(表5)。

(2) 丹沢山局

設置に要した費用は、総額262万円で、資材費、設置費、運搬費に分類すると、それぞれ、約169万

円、約77万円、約16万円であった。

資材費のうち、データ通信用設備費は、約7万円であった(金額はいずれも税込)。ヘリコプターを利用した割に運搬費が低いのは、近隣での作業に同調でき、ヘリコプターの回送費を要しなかったためである。

現在、3時間間隔で毎日8回のデータ回収を行っている。毎月のデータ通信に要する費用は7,400円で、衛星携帯電話を利用した場合の68%と試算された(表6)。

(3) 受信装置

データ受信装置(当センター内)は、パソコンとモデムが主な機器で、LANケーブル等の諸雑費を含めて、総額約13万円であった。受信用設備は特別な仕様のものではなく、使用可能な機器類があれば、新規に用意する必要はない。

表5 檜洞丸局のデータ転送に係る受信機別通信料金(平日)

(単位:円)

区分	PDC	衛星携帯電話	摘要
1回	130	300	
1か月	520	1,200	4週間
基本料金	3,500	4,900	毎月
1か月の合計	4,020	6,100	

※ PDCはプランB、衛星携帯電話はプランEを適用。

※ データ回収頻度は、1週間に1回。

※ データ回収の1回の所要時間は5分間。

※ 昼間帯(8:00-19:00)にデータ回収を行なう。

3 稼動状況

(1) 檜洞丸局

2002年6月23日14時から観測を開始した。2003年1月末現在まで、通信状態は良好で、雨天時においても通信途中でトラブルの発生はなかった。また、異常と思われる値も記録されていなかった。しかし、2002年12月の、7日19時から8日12時まで(連続18時間)、8日19時から12日11時まで(連続89時間)、22日18時から23日11時まで(連続18時間)の3期間、延べ125時間で、データが欠落した。

データ欠落が発生した2002年12月の県内の気象状況は、上旬は雨や曇りの日が多かった。丹沢山地の東側、県の中央部に位置する海老名地域気象観測所においては、12月上旬の日照時間は19.1時間(平年値の36%)で、下旬も、前半は低気圧の影響で曇りや雨の日が多くなった。丹沢山地の西、山梨県の、河口湖測候所、山中地域気象観測所、大月地域気象観測所でも、同様の傾向がみられた(図3)。また、12月9日には横浜で、12月としては11年ぶりに初雪があり、3cmの積雪が観測された。

(2) 丹沢山局

2002年10月16日13時10分から観測を開始した。2003年1月末現在、気象の観測には問題がなく、データの欠落、異常と思われる値も記録されなかった。データ通信は、気象観測装置の設置からしばらくは順調であったが、2002年11月下旬頃から、3時間間隔の自動アクセスのうち、1日に2、3回、データ回収ができない日が出始めた。

表6 丹沢山局のデータ転送に係る受信機別通信料金(平日)

(単位:円)

区分	PDC	衛星携帯電話	摘要
昼間帯	20	30	9時、12時、15時、18時
1回 夜間帯	20	20	21時
深夜・早朝帯	10	20	0時、3時、6時
1日	130	200	
1か月	3,900	6,000	30日
基本料金	3,500	4,900	毎月
1か月の合計	7,400	10,900	

※ PDCはプランB、衛星携帯電話はプランEを適用。

※ データ回収は、毎日、0時、3時、6時、9時、12時、15時、18時、21時の8回行なう。

※ データ回収の1回の所要時間は30秒間。

さらに、11月末頃より、終日、通信不能となる日があり、とくに、昼間および晴天時に通信状態が悪くなつた。しかし、データロガーは3日分のデータを記録できるだけの容量があり、通信不能期間は長くとも1日に過ぎなかつたため、データ欠落は発生しなかつた。

一般携帯電話回線の通信では、中継基地局の位置が重要で、DoCoMoへの聞き取り調査から、丹沢山局と交信可能な携帯電話基地局は、宮ヶ瀬ダムの周辺(以下、宮ヶ瀬基地局という)と、三保ダムの周辺(以下、丹沢湖基地局という)にあることがわかつた。丹沢山局は、山頂平坦部の最も西側で、宮ヶ瀬基地局、丹沢湖基地局は、それぞれ、丹沢山の北東約11km、南西約13kmに位置する。

これらの情報から、丹沢山局の中継基地局は、距離的にはやや遠いが、丹沢湖基地局であると判断した。通信不良状態を解消するため、試験的に、2002年12月26日、外部アンテナを指向性^{*1}の強いビームアンテナに交換し、中継基地局を丹沢湖基地局に限定する対策を講じた。この結果、通信状態は改善され、2003年1月末現在までの約1か月間、通信上のトラブルはほとんど発生しなかつた。

IV 考 察

1 コストと効果

気象観測装置のテレメータ化により、気象観測に費やす作業時間が大幅に削減された。従来は、1観測地点ごとに約1か月に1回の頻度で、現地でのデータ回収および室内での作業(データ転送、変換作業等)に、それぞれ約1日が必要であった。

今回のシステムでは、データ回収のために現地へ赴く必要がなくなると同時に、転送されたデータは、プログラム化された処理で自動的に変換作業まで行なわれる。このため、1回の観測ごとに約2日を要した作業が不要となつた。また、丹沢山局の観測データは、インターネット公開により、迅速な情報提供が可能となつた。

テレメータ化の効果は、とくに作業効率の向上が大きく、削減分を人件費換算すると、テレメータ化に係る初年度費用にほぼ匹敵する。また、即時性の高いデータの取得による利用可能性の増大等を考慮すると、コストパフォーマンスは非常に大きいと考えられる。

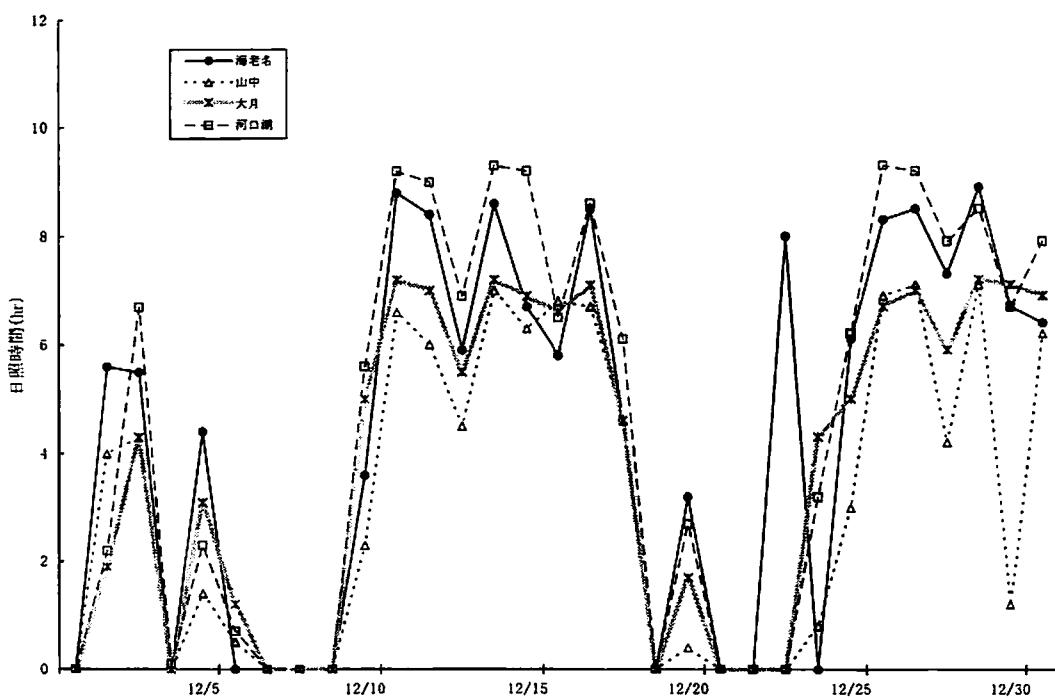


図3 丹沢山地周辺の気象観測施設における2002年12月の日照時間

注) * 1 方向によって電波の集中度が異なる特性

2 一般携帯電話と衛星携帯電話との費用の比較

電話機の本体価格は、現在、一般的に利用されている衛星携帯電話は、20～30万円程度と高額であるが、檜洞丸局と丹沢山局に設置したPDCは、1～2万円のものである。今回の事例では、衛星携帯電話回線を使用した場合に比べて、通信費を30%以上コストダウンできると試算された。

しかし、これは、一般電話から発信するシステムにおいての比較である。現地から発信するシステムを採用すると、一般電話からの発信に比べ、PDCは1.3倍、衛星携帯電話は3.1倍の通話料金(昼間帯)がかかり、PDCと衛星携帯電話の通信コストの差は、さらに広くなると考えられる。

したがって、利用時間、通信時間帯等によっても異なるが、一般携帯電話回線を利用した場合、衛星携帯電話回線に比べて、かなり低コストでデータ通信ができると考えられる。

3 検討課題

檜洞丸局は冬期観測の電源確保、丹沢山は安定的なデータ通信を中心に考察する。

(1) 檜洞丸局

データ欠落は、データロガーのトラブルによる未収録、機器類の電気的なトラブルなど、いくつもの原因が考えられるが、気象状況、データ収録の停止および再開された時間帯の一一致から、電力供給が途絶えたシステムダウンが直接の原因で、データ欠落の長期化は、積雪によってソーラーパネルが遮蔽されたためと考えられる。

檜洞丸局のすべての電力は、太陽光発電によって供給されている。計算上は、1日2時間の有効日照で、発電量が1日のシステム消費電力を上回り、蓄電容量が最大であれば、無日照日が9日間続いても、システムは稼動する。しかし、今回、計算値よりも短い無日照時間で、システムダウンしたと考えられる。

檜洞丸局の設置には、資材運搬に制約があり、システムを最小化するため、設計時に見込む安全率にゆとりがなかった。このため、12月の低温で、機器類の消費電力、蓄電池の性能等が標準仕様値と異なり、計算上の無日照保証期間を下回った

可能性がある。

したがって、現行システム下では、以下のような冬期の改善が必要と思われた。

まず、ソーラーパネルの、設置角度と方向である。ソーラーパネルを固定設置する場合、一般的には、30度前後の設置角度が理想といわれており、檜洞丸局のソーラーパネルも、取付け器具との関係から27度に設置した。

しかし、太陽の南中高度は、季節によって異なる。

丹沢山地では、ソーラーパネルを58.4度で設置すると、冬至の、ソーラーパネルに当たる単位面積あたりの太陽エネルギー(以下、Pという)が最大となる。データ欠落時期は、一年で最も太陽高度が低く、ソーラーパネルの設置角が27度の場合、58.4度に設置した時に比べ、Pが約12～14%低下する。ソーラーパネルを急傾斜に設置することで、ソーラーパネルが積雪によって遮蔽される可能性もほとんどなくなると考えられ、占有面積が小さくなるという副次的な効果も期待できる。

檜洞丸局のソーラーパネルの設置方向は西南西で、真南に設置した場合に比べ、Pが10%程度低下すると考えられる。西南西への設置は、夏期の周辺樹木の茂りによる影響を避けるためであるが、周辺樹木は落葉性広葉樹のため、冬期に落葉するので、冬期の発電量獲得の観点では、真南に設置したほうがよい。

2つ目は、蓄電池の防寒対策である。檜洞丸局の蓄電池は、支柱に取り付けたスチール製の箱(地上高約50cm)の中に収納しており、収納箱の開閉部はボルトで固定するため、機密性は高い。

檜洞丸局では、2003年1月末現在までに記録された最低気温(欠測期間を除く)は、-15.3℃(2003年1月29日)である。データ欠落が生じた頃の最低気温は、-4～-5℃以上で、データ欠落の直接の原因を低温に求めるることはできない。

しかし、檜洞丸局で使用している蓄電池の、充電に関しての推奨使用温度範囲は0～40℃(放電、保存の適用温度範囲は、-15～50℃)で、低温および高温下では、発電量がそのまま蓄電されない可能性がある。このため、収納箱内に断熱材を入れるなど、蓄電池の雰囲気温度(Ambient Temperature)を一定範囲内に抑える対策が有効かもしれない。

(2) 丹沢山局

ムーバに利用されている極超短波^{*2}（以下、UHFという）のような短い波長の電波は、光に似た性質をもち、減衰が大きく、電波を出している基地局から離れるほど、電波は弱くなる（例えば、谷腰、1998）。一般的には、携帯電話の通話距離は数km以下とされ、ムーバのサービスエリア図では、丹沢山地はほとんどがサービスエリア外である。このため、丹沢山局で受信している電波は微弱であると推察される。

11月下旬からの通信不良の原因は、交信基地局の限定によって改善されたことから、複数の基地局の電波を同時に受信した電波の干渉による可能性が高い。携帯電話の通信では、基地局のエリアごとに電波の周波数が異なるため、これらが干渉し合うと、電波が届いても通信ができないという現象が生じる。交換前のアンテナは車載用の空間ダイバーシティ^{*3}型のもので、フェージング^{*4}防止効果は高いが（例えば、清水、2002）、全方向の電波を受信するため、電波の干渉に対する防止効果は少ないと考えられる。

以上から、一般携帯電話回線を利用したテレメータ山岳気象定点観測の、安定的な交信に必要な条件を整理する。

1つ目は、電波の干渉に対する対策である。電波の干渉を防止するには、中継基地局を特定して、その局と限定的な交信を行なう必要がある。とくに山頂のような見通しのよいところでは、遠くの基地局からの電波が受信できるが、これは、周波数の異なった電波を同時に受信してしまう可能性が高いことも意味する。ちなみに、檜洞丸山頂付近では、事前調査時、極めて狭い範囲内の1地点しか通信可能な場所がなかった。これは、結果的に、特定方向の基地局の電波しか受信できず、電波の干渉という点においては、好都合であったと考えられる。

2つ目は、微弱な電波に対する対策である。今回の通信状態の改善は、基地局を限定したことによる効果以上に、微弱な電波を確実に受信できるようになった結果であるとも考えられる。無指向性のアンテナに比べ、指向性の強いものは、それだけ、特定方向に電波を集中させることになり、利得（Gain）が

増大する。交換前のアンテナの利得が公開されていないため、比較はできないが、交換後のアンテナは極めて指向性が鋭く、特定方向の利得が増大したと考えられる。したがって、指向性の強いアンテナの導入は、基地局が特定できれば、電波の干渉と、微弱な電波の受信に対する2つの対策を同時に解決する、有効な手段であると考えられる。

3つ目は、通信テストの回数と時期である。定点観測では、観測地を移動させることは困難で、入念な事前調査を行なう必要がある。UHFは、電離層では反射されずに突き抜けてしまうため、対流圏の下層部と地表面の間の、低い空間を伝播する。このため、気象条件に伴う大気の屈折率分布や、地表面の凸凹、建造物、樹木などの障害物の影響を大きく受ける（例えば、清水、2002）。したがって、通信テストは、気象や周辺環境が異なる条件下において、複数回実施する必要があると考えられる。今回の事前調査は9月中旬に行なったが、通信不良が発生した11月下旬には、冬型の気圧配置に変わり、高標高地では落葉も始まっている。これらの変化が、UHFの伝播状態に変化をもたらしたことは、十分に考えられる。

V おわりに

丹沢山地では、檜洞丸、丹沢山以外にも、一般携帯電話が使用できる山が多く知られており、テレメータ山岳気象定点観測の候補地は多い。これは、山地と街が接近していること、携帯電話利用者数が多く、サービスに関する基盤整備が進んでいるといった、神奈川県の事情に拠るところが大きいと考えられる。しかし、今後、各地においても、基地局の増設など、携帯電話関連の基盤整備は急速に進むと考えられ、テレメータ山岳気象定点観測の可能性も高まると考えられる。

テレメータ化によって、気象観測に費やされる作業時間が大幅に削減されたが、これは、気象観測地に行く必要がなくなることを意味するものではない。観測機器類のメンテナンスは不可欠であり、メンテナンスに関するコストは、十分に確保する必要がある。

注) * 2 Ultra High Frequency ; 300MHzを越え、3,000MHz以下の電波。

* 3 Diversity ; 受信の検波出力が大きい方に切替える方法。

* 4 Fading ; 受信強度が比較的短時間に変動する現象。

気象の観測に関しては、専門的な知識をあまり必要としない、例えば、雨量計に詰まる落葉落枝等の除去といった作業も多い。これは単純な作業であるが、極めて重要な作業である。限られた人員で一定の観測局を維持し、効率的に気象観測を進めるには、分業的な体制を構築していく必要もあるだろう。

気象観測装置の設置から、檜洞丸局は約7か月、丹沢山局は約3か月が経過した。

檜洞丸局では冬期の短期間のデータ欠落、丹沢山局では通信トラブルがみられたが、両局とも予想以上の好結果が得られた。気象の観測、とくに定点での観測は、継続性が重要で、観測が軌道に乗った後は、観測の長期化に向けた課題を検討していきたい。また、丹沢山地には、ダム管理用のテレメータ雨量観測局など、相当数の気象関連観測施設がある。今後、これらの観測機関との連携を強め、気象観測ネットワークを構築していきたい。

なお、現在、丹沢山局の気象観測結果は、当センター研究部のホームページ(<http://www.agri.pref.kanagawa.jp/sinrinken/index.asp>)で公開している。データベース機能を付加し、過去の観測結果も検索できるようにしたので、活用いただきたい。

VI 謝 辞

今回の気象観測装置の設置にあたっては、各方面の方々のご協力をいただきました。

東京農工大学大気環境学青木正敏教授、堀江勝年文部技官には、檜洞丸局の観測場所の選定、シス

ム構成等についてご指導をいただきました。浜松測候所八木晃所長には、気象観測全般にわたり、貴重なご助言をいただきました。日本大学探検部奥俊君、小野村岳志君、羽川大輔君、新井啓泰君には、険しい登山道を、重い資材の運搬をしていただきました。勝又真美さん、床波亜由子さんには、資料の整理をしていただきました。檜洞丸青ヶ岳山荘、丹沢山みやま山荘の関係者の皆様には、資材管理や宿泊に便宜を図っていただきました。ここに記して、感謝の意を表します。

VII 引用文献

- 浅井富男・内田英治・河村武 (1986) 気象の事典. 528pp. 平凡社, 東京.
- 神奈川県 (1994) 酸性雨に係る調査研究報告書. 286pp.
- 中嶋伸行・越地正 (2001) 東丹沢・堂平における7年間の気温統計. 神奈川県自然環境保全センター研究報告28. 63-70.
- 日本農業気象学会 (2002) 気象・生物・環境計測器ガイドブック. 222pp.
- 清水保定 (2002) 写真で学ぶアンテナ. 232pp. 財団法人電気通信振興会, 東京.
- 谷腰欣司 (1998) 電波のしくみ. 205pp. 日本実業出版社, 東京.
- 戸塚績・青木正敏・伊豆田猛・堀江勝年・志磨克 (1997) 丹沢大山自然環境総合調査報告書. 89-92.



写真1 運搬資材(檜洞丸)



写真2 気象観測装置設置状況(檜洞丸)



写真3 テレメータ気象観測装置(檜洞丸)



写真4 運搬資材(丹沢山)



写真5 気象観測装置設置状況(丹沢山)



写真6 テレメータ気象観測装置(丹沢山)

携帯情報端末による四分角法林分調査野帳アプリケーションの開発

山根 正伸^{*1}・柴 芳夫^{*2}

Development of a PDA Software Application for the Point-Centered Quarter Method to the Sampling of Forest Stands

Masanobu YAMANE^{*1} and Yoshio SHIBA^{*2}

I はじめに

森林資源把握のための各種林分調査は、森林整備の基礎的作業である。林分調査では、通常、調査結果を野帳に記録し、その野帳を持ち帰り、成立本数、平均樹高、平均胸高直径、林分材積などの林分構成因子の計算を行う。この野帳からの集計は、最近、表計算ソフトや専用集計ソフトなどを用い、野帳データをパソコンにデータ登録して計算の手間を軽減することが普通に行われている。しかし、意外と手間がかかるのがこのデータ登録作業で、林分調査業務の省力化は、計測データの入力作業の軽減がポイントとなる。

省力化の方策として、林分調査のデータを現地で直接データ登録装置に入力し、このデータをパソコンなどに移して計算処理することが考えられる。同様な考え方は、店舗での商品管理や電気などのメータ検針など、ごく一般的なものとなっており携帯端末を用いたシステムが開発されている。森林調査でも、測量や資源調査などに用いる専用端末がすでに開発・販売されている。最近では、携帯端末(Personal Digital Assistant, 以下「PDA」)をプラットフォームとしてGPS受信機と連動したものが試作されている(立木ほか, 2002)。今後PDAの性能向上や価格低下などがさらに進み、現地調査に適用でき

るシステムやアプリケーションの開発が進むと、急速に普及していく可能性がある。この際、普及の鍵のひとつは、実際の業務に即した使い勝手の良いアプリケーションの提供と思われる。

そこで、PDAを用いた森林調査用の携帯野帳端末(モバイル野帳)として、四分角法林分調査を想定したユーザーインターフェースの良いアプリケーションを開発したので、その概要を報告する。

なお、今回開発したシステムは、神奈川県の水源林整備事業の現地調査で実際に使用することを想定したもので、四分角法林分調査に林床植生状態などの記録をあわせたモバイル野帳用アプリケーションである。

II システム概要

1 処理構成と機能

水源林整備事業の広葉樹林整備では、あらかじめ対象地の森林資源内容および林内の林床植生状態などを把握するため、林分全体に標本点を多数設定して、現地調査を行う。現地では、標本点を順番にめぐって、以下の手順の調査を繰り返す。

まず、地点番号、緯度経度による標本点の位置、傾斜角、斜面方位など調査地点の属性を記録する。続いて、四分角法(Cottam & Curtis, 1956)によって、

*1 神奈川県自然環境保全センター研究部

(〒243-0121 神奈川県厚木市七沢657 myamane@agri.pref.kanagawa.jp)

*2 (有)ネプス(〒142-0063 東京都品川区荏原2-10-2 shiba@nepscorp.com)

標本点の中心点から東西南北に4つの象限を設け、それぞれの象限で標本点の中心点から最も近い立木の高木、亜高木を選んで、樹種、樹高、胸高直径を測定し、あわせて標本点中心から立木の中心までの水平距離を測定する。さらに、林床植生状態として、ササ類、灌木類、草本類について被度ランクと群落高を記録する。また、シカの生息状況として、採食による灌木類の累積的影響の程度やシカの不嗜好性植物の出現具合、新しいシカ糞の出現頻度を記録する。

このような現地調査に用いるモバイル野帳に必要な機能として、以下の4つを用意した。①調査地の属性の入力機能、②四分角法による林分調査データ入力機能、③林床植生状態のデータ入力、そして④シカの生息状況のデータ入力機能、である。また、野帳では、記入したデータを参照し修正することが普通に行われる所以、モバイル野帳にも、入力が終わった調査データを参照し修正するための、保存済みのデータファイル一覧機能を組み込んだ。そしてデータ修正機能は、読み込んだデータを①～④の処理画面で確認しながら該当部分を書き換える方式とした。したがって、モバイル野帳の処理画面は、⑤保存済みのデータファイル一覧機能を加えて、全部で5つで構成した(図1)。

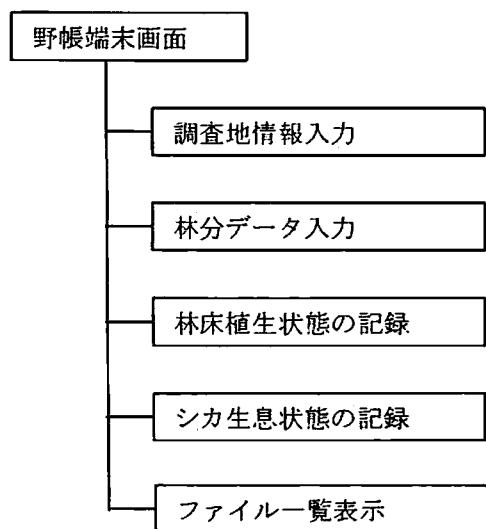


図1 モバイル端末処理画面の構成

それぞれの処理画面には、調査の流れに沿った入力が容易な操作画面を作成しました。まず、できるだけタブレット入力を減らすようにプルダウンやスクロールのボタンを必要に応じて作りこむ工夫を行った。また、各画面には、表1に示す機能をもった共通の操作ボタンをつけ、処理の終了、処理画面の切り替え、データ保存などが簡単に実行できるようにした(表1)。また、処理画面の右上の部分には、マイクボタンが表示されており、必要に応じて音声によるメモなどの記録ができる。

2 入出力ファイル

上記の処理を行い、データを保存すると、表2の構造を持った林分調査結果ファイルが、調査地点ごとに次の規則で自動的に命名されて作られ、所定のデータ格納ディレクトリに書き込まれる。

TTTTYYMMDD-hhmm.txt

ここで、TTTT；端末番号、YY；西暦下2桁、MM；月(01～12)、DD；日(01～31)、hh；時(00～23)、mm；分(00～59)である。

また、プログラムを終了すると、最後に保存したファイル名を記録した前回情報ファイルが、前回情報.txtとして所定のディレクトリに書き込まれる。

プログラムの起動の際に読み込まれる初期設定ファイルは、端末情報ファイル、樹種リストファイル、前回情報ファイルの3種類で、いずれもアスキー形式のテキストファイルである。

端末情報ファイルは、アスキー形式で端末番号とデータ格納ディレクトリパスがそれぞれ文字型で記録されている。端末番号は、出力ファイル名の先頭文字として使用される。

樹種リストは、アスキー形式で整数型の登録樹種数と、樹種名がその樹種数、記録されている。この樹種リストは、林分調査画面の樹種選択プルダウンに表示される。また、ファイルを変更することで、必要に応じて樹種名の追加削除、プルダウンメニューでの表示順位の変更ができる。

前回情報ファイルは、プログラム起動時に読み込まれ、各処理画面に表示される。これは、繰り返しが多い入力、とくに調査地番号、調査者氏名、メモ情報などの入力の手間を軽減するためである。

表1 携帯情報端末(PDA)による四分角法林分調査野帳アプリケーションの共通処理ボタンの動作内容

機能ボタン	説明
一覧	PDA端末に保存されたデータファイルの一覧を表示する。 データを指定して読み込むことができる。
前	一覧画面にリストアップされたファイルの順序に、表示されているデータファイルの前のファイルを読み表示する。表示するデータファイルが無い場合はエラーを表示する。
次	一覧画面にリストアップされたファイルの順序に、表示されているデータファイルの次のファイルを読み表示する。表示するデータファイルが無い場合はエラーを表示する。
新規	調査地情報入力画面のみで表示される。新規のデータファイルを作成する。
保存	表示されているデータファイルを保存する。新規で作成されたファイルに対する上書き保存を行う。
OK	プログラムを終了する。ただし、一覧画面の場合は表示している画面を消す。(戻ると同じ動作)
読み込	選択したデータを読み込み、元の画面を表示する。
戻る	元の画面を表示する。

3 画面別の処理内容

(1) 起動と終了

本プログラムの起動は、PDAのプログラム一覧画面にアイコンで示される「野帳端末プログラム」をダブルクリックすると起動する。起動すると、前回情報ファイルが読み込まれ、林分調査地点情報入力画面が表示される。

終了は、各処理画面の右上にあるOKボタンを押すと、メモリの登録データをファイルと前回情報ファイルの書き込みが行われて、プログラム一覧画面に戻る。

(2) 林分調査地点情報入力

プログラムを起動するとこの画面が表示される(写真1)。

調査地番号は、右下の文字タブレットを表示して最大16バイトまで入力できる。調査地氏名は、調査地番号と同様に文字列で最大16バイトまで入力可能である。地点番号は、既存値をカウントアップする。直接数字を入れることができるが、上下コンボキー(▼)と左右コンボキー(<>)を組み合わせることで、文字タブレット使わないでも任意の数字が入力できる。

同じ地点番号を保存しようとすると、すでに登録済みと表示され、新しい地点番号の入力が要求される。新しい番号が入力されると、それまでのデータはファイルに出力される。

緯度、経度は、100分の1秒までコンボ入力できる。傾斜角も、上下、左右コンボキーで0~60度まで1度単位のコンボ入力できる。それ以上の数値も数値入力可能である。斜面方位は、上下コンボキーで16方位を選ぶ。メモの欄には、最大60バイト(漢字ひらがなで30文字)のテキストを文字タブレットにより入力できる。

データを入力して「登録」ボタンが押されると、新規データ作成かどうか、問い合わせ画面が表示され、入力したデータのチェックと同一ファイル名の有無を調べる。

(3) 林床植生状態の記録

調査地番号と地点番号が自動的に表示される(写真2)。入力は、ササ類被度ランク、灌木類被度ランク、草本類被度ランクを、コンボを用いて6段階(0~5)で入力する。いずれも数値入力も可能である。それぞれの群落の高さをメートル単位で小数点1桁まで入力する。ここではコンボを用いて文字タブレット使わないでも任意の数字が入力できる。メモの欄には、最大40バイト(漢字ひらがなで20文字)のテキストを文字タブレットにより入力できる。

終了あるいは、「林分」「シカ生息」ボタンで他の画面へ移る際には、データが変更されていると「メッセージ表示」し、データをメモリに格納して、選択した次の画面を表示する。

表2 林分調査結果ファイルのファイル構造

区分	項目名	
データ識別	ファイル名	固定項目
	調査地番号	(左下から続く)
	地点番号	
	野帳種コード	F
	調査年月日	林分調査データ 調査木番号 5 上木／亜高木区分 亜高木
	調査時間	樹種
	調査者氏名	樹高
緯度	度	胸高直径
	分	距離
	秒	調査木番号 6 上木／亜高木区分 亜高木
1/100	秒	樹種
経度	度	樹高
	分	胸高直径
	秒	距離
1/100	秒	調査木番号 7 上木／亜高木区分 亜高木
傾斜角		樹種
斜面方位		樹高
地点メモ		胸高直径
林分調査データ	地点番号	距離
	調査木番号 1	調査木番号
	上木／亜高木区分 上木	上木／亜高木区分
	樹種	樹種
	樹高	樹高
	胸高直径	胸高直径
	距離	距離
調査木番号	2	林況データ ササ被度ランク
上木／亜高木区分	上木	(植生状態) ササ高さ
樹種		灌木類被度ランク
樹高		灌木高さ
胸高直径		草本被度ランク
距離		高さ
調査木番号	3	メモ
上木／亜高木区分	上木	林況データ 萌芽枝ランク
樹種		(シカ生息状況) 灌木樹形
樹高		不嗜好植物
胸高直径		新しい糞
距離		メモ
調査木番号	4	
上木／亜高木区分	上木	
樹種		
樹高		
胸高直径		
距離		

(3) シカ生息状況の記録

調査地番号と地点番号が自動的に表示される(写真3)。入力は、萌芽枝ランク、灌木樹形ランク、不嗜好植物ランク、新しい糞ランクについて、コンボで4段階(なし、+、++、+++)から選んで入力する。メモの欄には、最大40バイト(漢字ひらがなで20文字)のテキストを文字タブレットにより入力できる。

終了あるいは、「林分」「林床」ボタンで他の画面へ移る際には、データが変更されていると「メッセージ表示」し、データをメモリに格納して、次の画面を表示する。

(4) 調査データファイル一覧表示

端末に保存されているファイルを、ファイル名ごとに一覧表示する(写真4)。表示画面は、調査地番号、地点番号、ファイル名がリスト表示される。ファイルを読み込んで、確認・修正作業などを行う場合は、ファイル名を選択し読み込みボタンを押す。全画面に戻る場合は「戻る」ボタンを選択する。

III システム開発手順

1 開発環境

開発に用いたモバイル野帳は、ペン入力、標準データ通信ソフトの作動、64 Mb以上のメモリ搭載、市販のGPSレシーバが接続可能なコンパクトフラッシュ用拡張スロットルの搭載、カラー液晶画面でPocket PC2002 OSで動作するなどの条件を満たす製品として東芝社製 Geneo e550 G を選択した。本機の画面の表示サイズは4インチ(対角)で、ディスプレイは低温ポリシリコン反射型カラーTFT、240×320ピクセル、65,536色である。

また、プログラム開発用PCは、Windows2000を搭載したパソコンを用いた。後述のプログラム開発言語と、モバイル野帳と開発用PCのデータ転送やプログラムデバックなどでの通信など用いるためモバイル野帳付属の通信ソフトActive Syncを予めインストールした。また、モバイル野帳との接続は、PDA付属のUSBクレドールを使用し、これにモバイル野帳を装着し開発PCと接続してLAN環境

を確立した。

プログラム開発言語は、PDAで作動するVisual Basicアプリケーションを開発できる、Microsoft社のeMBEDDED Visual Tools 3.0(以下eVB)とした。このソフトは、入出力画面設計が簡単なこと、Basic言語の一種でデバックや修正が比較的簡単なこと、追加ソフト(PPC2002_SDK)を追加すると、開発端末で仮想実行(エミュレート)できるなどの利点があり、プログラム開発に適当と考えたためである。また、eVBは日本語化ツールをインストールして、日本語を正しく表示したエミュレートも可能で、効率的なアプリケーション開発ができる。

2 プログラミングとデバック

プログラムの開発は、まず、基本的な処理内容、画面設計、画面遷移とファイルの入出力などの基本設計を行い、続いて詳細設計、プログラミング、デバックの順に行った。

基本設計と詳細設計の結果は、詳細設計書としてまとめた。

プログラミングは、PC端末上で行い、PC端末とモバイル野帳を結んで、日本語エミュレート環境で、動作を確認しながら行った(写真5)。

プログラムのデバックは、まずPC端末上で動作確認し、進めた。PC端末上で正常動作が確認できた段階で、後述する手順で端末へ実行プログラムをインストールし、モバイル野帳での正常動作を確認して完成とした。

3 開発ソフトウェアの端末へのインストール

まず、上述した野帳端末プログラムの実行ファイルを作成し、あわせて、実行ファイルをモバイル野帳に組み込むためのインストーラを作った。

具体的には、eVBプロジェクトのメニュー画面から、「実行ファイルの作成」を選び、実行ファイル名を指定し、実行ファイルを作成した。続いて、eVBプロジェクトのメニューのツール画面から、アプリケーションインストールウィザードを起動させ、の指示に従ってインストーラ(setup.exe)を作成した。

モバイル野帳へのアプリケーション組み込みは、このインストーラファイルを通信機能により

PDA側の記憶領域にコピーし、続いてPDA側でインストーラを選択・起動し指示通りに進め、所定のディレクトリにプログラムをインストールした。

IV 開発システムの評価と課題

本システムを、既往の調査野帳に基づいて入力作業を行ったところ、スムーズにデータ入力が可能なことが確認できた。ただ、文字入力は、小さな画面で文字タブレットを用いて入力する点が、やや面倒であった。このため、あらかじめ、よく用いる文字列を登録や、任意文字入力が可能なコンボ画面の組み込みなどの工夫が課題である。

調査ポイントの緯度、経度については、将来的にはGPSレシーバなどを組み込んで自動登録になるとさらに使い勝手が向上すると思われた。立木ら(2002)は、今回開発した野帳端末にGPSで位置情報を確認し記録する機能を込みこんでいる。このような機能を、本システムで実現には、市販のGPSレシーバと付属のソフトを使用することも可能で、ある程度代用できることを確認した。

操作に慣れないうちはやや画面遷移やボタンの使用などに戸惑う部分もあった。このため、画面サイズの関係で難しい面もあるが、操作ボタンなどにポップアップの説明が小さく表示されると、便利と思われた。

本システムは、事業の現地調査にまだ使用されていないので、実際に、どの程度業務を省力するかは不明である。データ入力の手間が大幅に削減されることは確かだが、現地でのデータ入力の手間が、野帳に直接記入する場合に比較してどの程度省けるかの検証が課題である。また、モバイル野帳の画面サイズや画面の見易さなど操作性の向上も課題である。さらにはバッテリー寿命や防塵・防水性能についても検討を加え、現地で実際に使用するPDA機種を選定していく必要がある。

今後は、以上の改良点、課題などに検討を加えるとともに、使用頻度が高く省力化が求められる現地調査業務のモバイル野帳用アプリケーションを開発していきたい。

V 引用文献

Cottam, G. and J. T. Curtis (1956) The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology* 37, 451-460.

立木靖之・吉村哲彦・酒井徹朗・中村太士 (2002) 携帯情報端末を用いた森林資源モニタリング調査支援ツールの開発. 日本林学会学術講演集 113, 742-743.

付録

プログラムリスト(メインプログラム)

メインプログラム

Option Explicit

```

' 名 称 起動
' 概 要:
' 内 容:
' 備 考:
' 履 歴: 1.00 2002/12/24 柴 芳夫 新規

```

```

Public Sub Main()
    'ファイル名作成
    Call MakeFileName
    'グローバルデータ初期化
    Call InitGlobalData
    'カレントデータ初期化
    Call InitCurrentData
    '端末情報読み込み
    Call ReadTerminalInfo
    If Len(Trim(g_data_path)) = 0 Then
        rtn = MsgBox("端末情報ファイルがありません。パソコンから登録してください。", vbOKOnly, "エラー")
        Exit Sub
    End If
    '樹種データ読み込み
    g_jyusyu_num = ReadJyusyuData
    If g_jyusyu_num = 0 Then
        rtn = MsgBox("樹種リストファイルがありません。パソコンから登録してください。", vbOKOnly, "エラー")
        Exit Sub
    End If
    'ファイル一覧情報読み込み
    Call ReadFileInfo
    '一覧表示情報設定
    Call ReadTableInfo
    '前回情報読み込み
    Call ReadOldInfo
    '前回データ読み込み
    file_name = g_file_name
    g_file_name = ""
    If Len(Trim(file_name)) > 0 Then Call ReadData(file_name)
    'インデックス番号チェック
    If Len(g_file_name) > 0 Then
        g_file_index = GetIndexNumber(g_file_name)
    End If
    '林分データ入力画面表示
    frmNote1.Show
    '新規入力画面表示
    frmNew.Show
End Sub

```

```

' 名 称画面データ設定
' 概 要:グローバルデータを画面データに設定
' 内 容:
' 備 考:
' 履 歴: 1.00 2002/12/24 柴 芳夫 新規

```

```

Public Sub GlobalToLocal(title As String)
    'データ識別
    file_name = g_file_name      'ファイル名
    chosati_bango = g_chosati_bango '調査地番号
    titen_bango = g_titen_bango   '地点番号

```

```

Select Case title
    Case title_note1

```

```

        '林分調査データ

```

```

        For i = 0 To 7
            chosaboku_bango(i) = g_chosaboku_bango(i) '調査木番号
            jyoa_kubunn(i) = g_jyoa_kubunn(i) '上木／亞高木番号
            jyusyu(i) = g_jyusyu(i) '樹種
            jyuko(i) = g_jyuko(i) '樹高
            kyoko_chokkei(i) = g_kyoko_chokkei(i) '胸高直径
            kyori(i) = g_kyori(i) '距離
        Next i
    Case title_note2

```

```

        '林木植生状態の記録

```

```

        sasa_hido = g_sasa_hido      'ササ被度ランク
        sasa_takasa = g_sasa_takasa 'ササ高さ
        kanboku_hido = g_kanboku_hido '灌木類被度ランク
        kanboku_takasa = g_kanboku_takasa '灌木類高さ
        sohon_hido = g_sohon_hido    '草本類被度ランク
        sohon_takasa = g_sohon_takasa '草本類高さ
        rinsyo_memo = g_rinsyo_memo 'ヘッダーメモ

```

```

    Case title_note3

```

```

        'シカ生息状況の記録

```

```

        houga_edo = g_houga_edo      '調査木番号
        kanboku_jyukei = g_kanboku_jyukei '上木／亞高木番号
        fusiko_syokubutu = g_fusiko_syokubutu '樹種
        atarasi_fun = g_atarasi_fun   '樹高
        sika_memo = g_sika_memo      '胸高直径

```

```

    Case title_new

```

```

    'ヘッダ

```

```

    chosa_date = g_chosa_date      '調査地年月日
    chosa_time = g_chosa_time     '調査時間
    chosasya = g_chosasya        '調査者氏名
    lat_deg = g_lat_deg          '緯度 (度)
    lat_min = g_lat_min          ' (分)
    lat_sec = g_lat_sec          ' (秒)
    lat_1_100_sec = g_lat_1_100_sec ' (1 / 100秒)
    lon_deg = g_lon_deg          ' 経度 (度)
    lon_min = g_lon_min          ' (分)
    lon_sec = g_lon_sec          ' (秒)
    lon_1_100_sec = g_lon_1_100_sec ' (1 / 100秒)
    keisya_kaku = g_keisya_kaku '傾斜角
    syamen_houi = g_syamen_houi '斜面方位
    titen_memo = g_titen_memo   '地点メモ

```

```

    Case title_read

```

```

    End Select

```

```

End Sub

```

```

' 名 称画面データ保存

```

```

' 概 要:画面データをグローバルデータとして保存

```

```

' 内 容:

```

```

' 備 考:

```

```

' 履 歴: 1.00 2002/12/24 柴 芳夫 新規

```

```

Public Sub LocalToGlobal(title As String)

```

```

    'データ識別

```

```

Select Case title
Case title_note1
'林分調査データ
For i = 0 To 7
g_chosaboku_bango(i) = chosaboku_bango(i)      '調査木番号
g_jyoa_kubunn(i) = jyoa_kubunn(i)                '上木／亞高木番号
g_jyusyu(i) = jyusyu(i)                          '樹種
g_jyuko(i) = jyuko(i)                            '樹高
g_kyoko_chokkei(i) = kyoko_chokkei(i)           '胸高直径
g_kyori(i) = kyori(i)                            '距離
Next i
Case title_note2
'林床植生状態の記録
g_sasa_hido = sasa_hido                         'ササ被度ランク
g_sasa_takasa = sasa_takasa                      'ササ高さ
g_kanboku_hido = kanboku_hido                   '灌木類被度ランク
g_kanboku_takasa = kanboku_takasa               '灌木類高さ
g_sohon_hido = sohon_hido                        '草本類被度ランク
g_sohon_takasa = sohon_takasa                    '草本類高さ
g_rinsyo_memo = rinsyo_memo                     'ヘッダーメモ
Case title_note3
'シカ生息状況の記録
g_houga_edo = houga_edo                         '調査木番号
g_kanboku_jyukei = kanboku_jyukei               '上木／亞高木番号
g_fusiko_syokubutu = fusiko_syokubutu          '樹種
g_atarasii_fun = atarasii_fun                  '樹高
g_sika_memo = sika_memo                         '胸高直径
Case title_new
'ヘッダ
g_chosati_bango = chosati_bango                 '調査地番号
g_titen_bango = titen_bango                      '地点番号
g_chosa_date = chosa_date                        '調査地年月日
g_chosa_time = chosa_time                       '調査時間
g_chosasaya = chosasaya                         '調査者氏名
g_lat_deg = lat_deg                             '緯度 (度)
g_lat_min = lat_min                            ' (分)
g_lat_sec = lat_sec                           ' (秒)
g_lat_1_100_sec = lat_1_100_sec                 '(1/100秒)
g_lon_deg = lon_deg                            '経度 (度)
g_lon_min = lon_min                           ' (分)
g_lon_sec = lon_sec                           ' (秒)
g_lon_1_100_sec = lon_1_100_sec                 '(1/100秒)
g_keisya_kaku = keisya_kaku                   '傾斜角
g_syamen_houi = syamen_houi                     '斜面方位
g_titen_memo = titen_memo                      '地点メモ
Case title_read
End Select
End Sub

'名 称林分データ設定
'概 要:
'内 容:
'備 考:
'履 歴: 1.00 2002/12/24 柴 芳夫 新規

```

```

Public Sub SetNote1Data(option_no As Long)
    '調査地
    frmNote1.lblChosati = "調査地番号 :" & chosati_bango
    '地点
    frmNote1.lblTiten = "地点番号 :" & titen_bango
    '樹種
    frmNote1.cmbJyusyu = jyusyu(option_no)
    '樹高
    frmNote1.cmbJyuko = jyuko(option_no)
    If IsEmpty(jyuko(option_no)) Then
        frmNote1.hslJyuko.Value = 0
    Else
        frmNote1.hslJyuko.Value = Int(CDbl(jyuko(option_no)) * 10)
    End If
    '胸高直径
    frmNote1.cmbKyokoChokkei = kyoko_chokkei(option_no)
    If IsEmpty(kyoko_chokkei(option_no)) Then
        frmNote1.hslKyokoChokkei.Value = 0
    Else
        frmNote1.hslKyokoChokkei.Value = Int(CDbl(kyoko_chokkei(option_no)) * 10)
    End If
    '距離
    frmNote1.cmbKyori = kyori(option_no)
    If IsEmpty(kyori(option_no)) Then
        frmNote1.hslKyori.Value = 0
    Else
        frmNote1.hslKyori.Value = Int(CDbl(kyori(option_no)) * 100)
    End If
End Sub

'名 称林分データ保存
'概 要:
'内 容:
'備 考:
'履 歴: 1.00 2002/12/24 柴 芳夫 新規

```

```

Public Sub SaveNote1Data(option_no As Long)
    jyusyu(option_no) = frmNote1.cmbJyusyu
    jyuko(option_no) = frmNote1.cmbJyuko
    kyoko_chokkei(option_no) = frmNote1.cmbKyokoChokkei
    kyori(option_no) = frmNote1.cmbKyori
End Sub

'名 称林床植生データ設定
'概 要:
'内 容:
'備 考:
'履 歴: 1.00 2002/12/24 柴 芳夫 新規

```

```

Public Sub SetNote2Data()
    '調査地
    frmNote2.lblChosati = "調査地番号 :" & chosati_bango
    '地点
    frmNote2.lblTiten = "地点番号 :" & titen_bango
    'ササ被度ランク
    frmNote2.cmbSasaHido = sasa_hido
    'ササ高さ
    frmNote2.cmbSasaTakasa = sasa_takasa
    '灌木類被度ランク
    frmNote2.cmbKanbokuHido = kanboku_hido
    '灌木類高さ
    frmNote2.cmbKanbokuTakasa = kanboku_takasa

```

```

'草本類被度ランク
frmNote2.cmbSohonHido = sohon_hido
'草本類高さ
frmNote2.cmbSohonTakasa = sohon_takasa
'林床植生状態メモ
frmNote2.txtRinsyoMemo = rinsyo_memo
End Sub

'-----  

'名 称林床植生データ保存
'概 要:
'内 容:
'備 考:
'履 歴 1.00 2002/12/24 柴 芳夫 新規
'-----  

Public Sub SaveNote2Data0
'ササ被度ランク
sasa_hido = frmNote2.cmbSasaHido
'ササ高さ
sasa_takasa = frmNote2.cmbSasaTakasa
'灌木類被度ランク
kanboku_hido = frmNote2.cmbKanbokuHido
'灌木類高さ
kanboku_takasa = frmNote2.cmbKanbokuTakasa
'草本類被度ランク
sohon_hido = frmNote2.cmbSohonHido
'草本類高さ
sohon_takasa = frmNote2.cmbSohonTakasa
'林床植生状態メモ
Dim wk As String
Dim n As Long
rinsyo_memo = ""
n = Len(frmNote2.txtRinsyoMemo)
For i = 1 To n
    wk = Mid(frmNote2.txtRinsyoMemo, i, 1)
    If wk <> Chr(10) And wk <> Chr(13) Then
        rinsyo_memo = rinsyo_memo & wk
    End If
    If wk = Chr(13) Then
        rinsyo_memo = rinsyo_memo & "/"
    End If
Next i
End Sub

'-----  

'名 称シカ生息データ設定
'概 要:
'内 容:
'備 考:
'履 歴 1.00 2002/12/24 柴 芳夫 新規
'-----  

Public Sub SetNote3Data0
'調査地
frmNote3.lblChosati = "調査地番号 :" & chosati_bango
'地点
frmNote3.lblTiten = "地点番号 :" & titen_bango
'萌芽枝ランク
frmNote3.cmbHougaEda = houga_edo
'灌木樹形ランク
frmNote3.cmbKanbokuJyukei = kanboku_jyukei
'不嗜好植物ランク
frmNote3.cmbFusikoSyokubutu = fusiko_syokubutu
'新しい糞ランク
frmNote3.cmbAtarasiifun = atarasiifun
'シカ生息状況メモ
frmNote3.txtSikaMemo = sika_memo
End Sub

'-----  

'名 称シカ生息データ保存
'概 要:
'内 容:
'備 考:
'履 歴 1.00 2002/12/24 柴 芳夫 新規
'-----  

Public Sub SaveNote3Data0
'萌芽枝ランク
houga_edo = frmNote3.cmbHougaEda
'灌木樹形ランク
kanboku_jyukei = frmNote3.cmbKanbokuJyukei
'不嗜好植物ランク
fusiko_syokubutu = frmNote3.cmbFusikoSyokubutu
'新しい糞ランク
atarasiifun = frmNote3.cmbAtarasiifun
'シカ生息状況メモ
Dim wk As String
Dim n As Long
sika_memo = ""
n = Len(frmNote3.txtSikaMemo)
For i = 1 To n
    wk = Mid(frmNote3.txtSikaMemo, i, 1)
    If wk <> Chr(10) And wk <> Chr(13) Then
        sika_memo = sika_memo & wk
    End If
    If wk = Chr(13) Then
        sika_memo = sika_memo & "/"
    End If
Next i
End Sub

'-----  

'名 称新規入力データ設定
'概 要:
'内 容:
'備 考:
'履 歴 1.00 2002/12/24 柴 芳夫 新規
'-----  

Public Sub SetNewData0
'調査地番号
frmNew.txtChosatiBango = chosati_bango
'地点番号
frmNew.cmbTitenBango = titen_bango
If Len(Trim(titen_bango)) = 0 Then
    frmNew.hslTitenBango.Value = 0
Else
    frmNew.hslTitenBango.Value = Int(CDbl(titen_bango))
End If
'調査者氏名
frmNew.txtChosasya = chosasya
'緯度
frmNew.cmbLatDeg = lat_deg
frmNew.cmbLatMin = lat_min
frmNew.cmbLatSec = lat_sec
frmNew.cmbLat_1_100Sec = lat_1_100_sec
'経度
frmNew.cmbLonDeg = lon_deg
frmNew.cmbLonMin = lon_min
frmNew.cmbLonSec = lon_sec
frmNew.cmbLon_1_100Sec = lon_1_100_sec
'傾斜角
frmNew.cmbKeisyaKaku = keisya_kaku
If IsEmpty(keisya_kaku) Then
    frmNew.hslKeisyaKaku.Value = 0
End If

```

```

Else
    frmNew.hslKeisyaKaku.Value = Int(CDbl(keisya_kaku) * 10)
End If
'斜面方位
frmNew.cmbSyamenHoui = syamen_houi
'地点メモ
frmNew.txtTitenMemo = titen_memo
End Sub

'-----'
'名    称新規入力データ保存
'概    要:
'内    容:
'備    考:
'履    歴 1.00  2002/12/24 柴 芳夫 新規
'-----'

Public Sub SaveNewData()
    '調査地番号
    chosati_bango = frmNew.txtChosatiBango
    '地点番号
    titen_bango = frmNew.cmbTitenBango
    '調査者氏名
    chosasya = frmNew.txtChosasya
    '緯度
    lat_deg = frmNew.cmbLatDeg
    lat_min = frmNew.cmbLatMin
    lat_sec = frmNew.cmbLatSec
    lat_1_100_sec = frmNew.cmbLat_1_100Sec
    '経度
    lon_deg = frmNew.cmbLonDeg
    lon_min = frmNew.cmbLonMin
    lon_sec = frmNew.cmbLonSec
    lon_1_100_sec = frmNew.cmbLon_1_100Sec
    '傾斜角
    keisya_kaku = frmNew.cmbKeisyaKaku
    '斜面方位
    syamen_houi = frmNew.cmbSyamenHoui
    '地点メモ
    Dim wk As String
    Dim n As Long
    titen_memo = ""
    n = Len(frmNew.txtTitenMemo)
    For i = 1 To n
        wk = Mid(frmNew.txtTitenMemo, i, 1)
        If wk <> Chr(10) And wk <> Chr(13) Then
            titen_memo = titen_memo & wk
        End If
        If wk = Chr(13) Then
            titen_memo = titen_memo & "/"
        End If
    Next i
End Sub

'-----'
'名    称ファイル一覧データ設定
'概    要:
'内    容:
'備    考:
'履    歴 1.00  2002/12/24 柴 芳夫 新規
'-----'

Public Sub SetReadData()
    '調査地
    frmRead.lblChosati = "調査地番号 :" & chosati_bango
    '地点
    frmRead.lblTiten = "地点番号 :" & titen_bango
End Sub

'-----'
'名    称ファイル名作成
'概    要:
'内    容:
'備    考:
'履    歴 1.00  2002/12/25 柴 芳夫 新規
'-----'

Public Function MakeFileName()
    Dim wk As String
    wk = FormatDateTime(Now, vbGeneralDate)
    file_name = g_tanmatu_code & _
        Mid(wk, 1, 2) & Mid(wk, 4, 2) & Mid(wk, 7, 2) & "-" & _
        Mid(wk, 10, 2) & Mid(wk, 13, 2) & ".txt"
    chosa_date = Mid(wk, 1, 8)          調査地年月日
    chosa_time = Mid(wk, 10, 8)         調査時間
End Function

'-----'
'名    称同一ファイル有無チェック
'概    要:

```

・内 容
・備 考:
・履 歴: 1.00 2002/12/25 柴 芳夫 新規

```
Public Function CheckSameFile(fname As String)
    CheckSameFile = False
    For i = 0 To g_file_num - 1
        If g_file_name_tbl(i) = fname Then
            CheckSameFile = True
            Exit For
        End If
    Next i
End Function
```

・名 称: 保存チェック
・概 要:
・内 容:
・備 考:
・履 歴: 1.00 2003/01/085 柴 芳夫 新規

```
Public Function CheckSaveOld(msg As String)
    CheckSaveOld = True
    msg = ""
    '調査地番号
    If g_chosati_bango <> chosati_bango Then
        msg = "調査地番号が変更されました。新規登録を行ってください。"
        CheckSaveOld = False
    End If
    '地点番号
    If g_titen_bango <> titen_bango Then
        msg = "地点番号が変更されました。新規登録を行ってください。"
        CheckSaveOld = False
    End If
End Function
```

・名 称: 新規保存チェック
・概 要:
・内 容:
・備 考:
・履 歴: 1.00 2003/01/085 柴 芳夫 新規

```
Public Function CheckSaveNew(msg As String)
    CheckSaveNew = True
    msg = ""
    '調査地番号
    If Len(Trim(chosati_bango)) = 0 Then
        msg = "調査地番号を入力してください"
        CheckSaveNew = False
    End If
    '地点番号
    If g_titen_bango = titen_bango Then
        msg = "地点番号が同じです"
        CheckSaveNew = False
    End If
    If Len(Trim(titen_bango)) = 0 Or titen_bango = "0" Then
        msg = "地点番号を入力してください"
        CheckSaveNew = False
    End If
    '調査者氏名
```

```
If Len(Trim(chosasya)) = 0 Then
    msg = "調査者氏名を入力してください"
    CheckSaveNew = False
    Exit Function
End If
```

End Function

・名 称: 一覧インデックス番号取得
・概 要:
・内 容:
・備 考:
・履 歴: 1.00 2002/12/25 柴 芳夫 新規

```
Public Function GetIndexNumber(fname As String)
    GetIndexNumber = -1
    For i = 0 To g_file_num - 1
        If g_file_name_tbl(i) = fname Then
            GetIndexNumber = i
            Exit For
        End If
    Next i
End Function
```

・名 称: ファイル一覧情報更新
・概 要:
・内 容:
・備 考:
・履 歴: 1.00 2002/12/23 柴 芳夫 新規

```
Public Function UpdateFileDialog()
    'ファイル一覧情報読み込み
    Call ReadFileDialogInfo
    '一覧表示情報設定
    Call ReadTableInfo
End Function
```

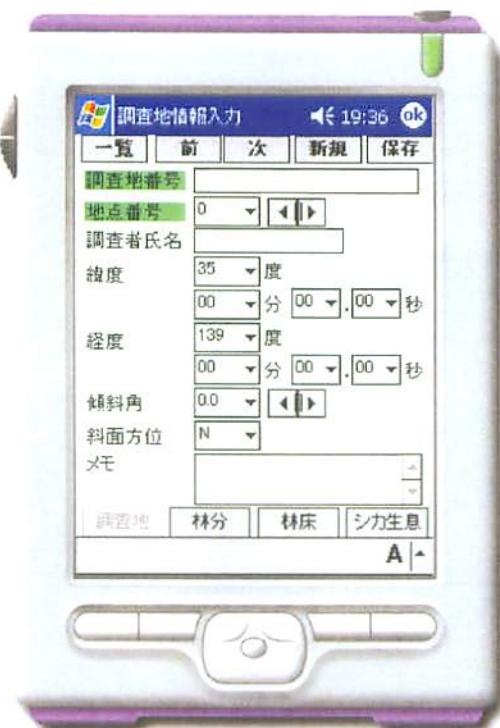


写真1 携帯情報端末（PDA）による四分角法林分調査野帳アプリケーションの林分調査地点情報入力画面例

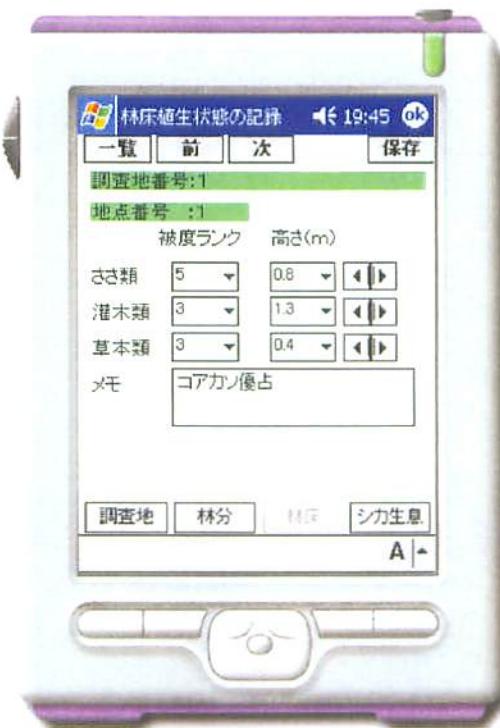


写真2 携帯情報端末（PDA）による四分角法林分調査野帳アプリケーションの林床植生状態入力画面例

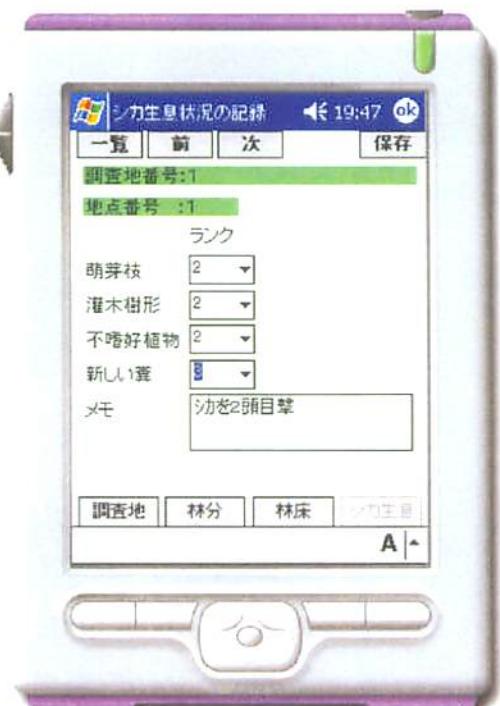


写真3 携帯情報端末（PDA）による四分角法林分調査野帳アプリケーションのシカ生息状況入力画面例



写真4 携帯情報端末（PDA）による四分角法林分調査野帳アプリケーションの調査データファイル一覧表示画面例

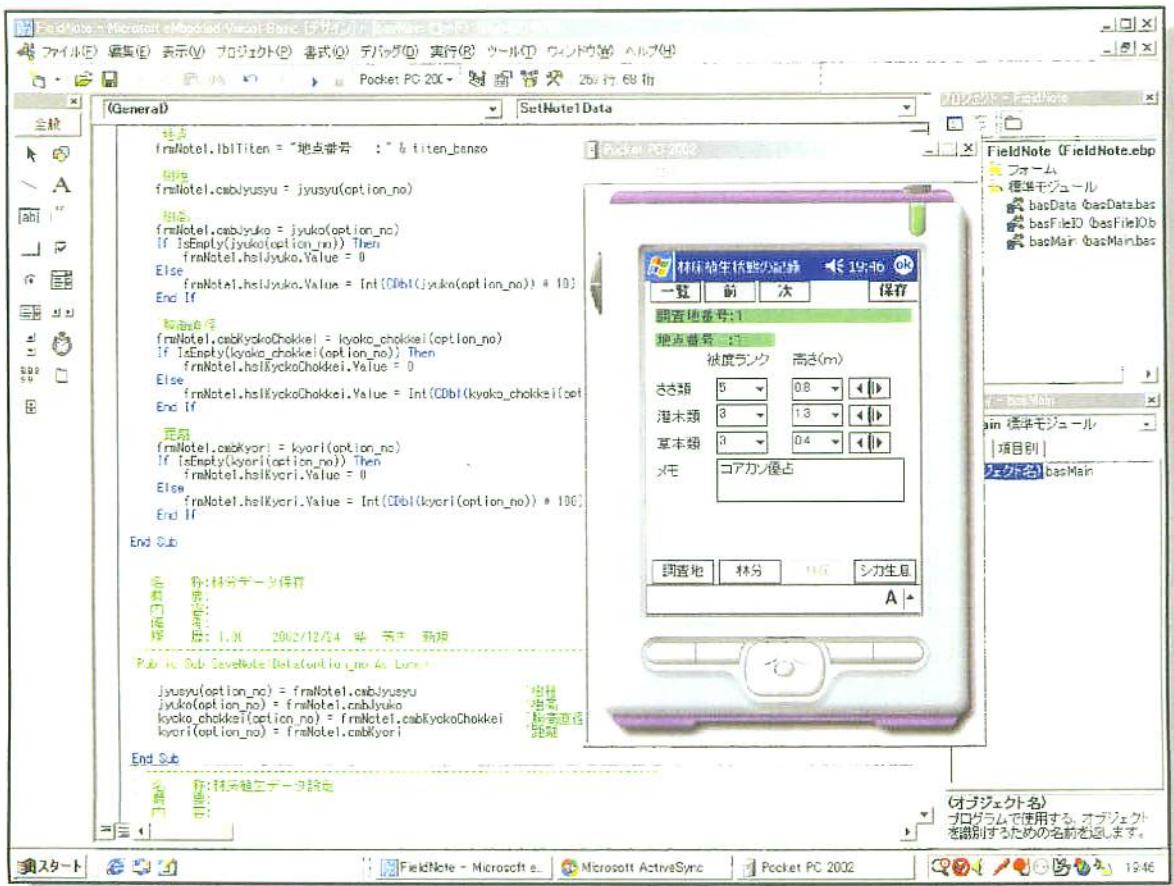


写真5 携帯情報端末（PDA）による四分角法林分調査野帳アプリケーション開発における
パソコン上のエミュレート画面例

丹沢山地におけるブナのクロロフィル含量と衰退形態（予報）

齋藤央嗣*

The decline form and leaf chlorophyll content
of the Japanese beech (*Fagus crenata*) in Tanzawa Mountains.

Hiroshi SAITO*

要 旨

齋藤央嗣：丹沢山地におけるブナのクロロフィル含量と衰退形態（予報） 神奈川県自環保セ研報30：41-47、2003 ブナの衰退が問題となっている丹沢山地を中心とした5か所において、葉緑素計によりクロロフィル含量を調べた。測定箇所間の比較では、有意に調査地間で差が見られ、過去に衰退の報告がない箱根駒ヶ岳で高く、衰退の進んでいる丹沢の3地点が $40 \mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$ 程度と低かった。クロロフィル含量と樹木全体の衰退度との関係は、有意だが一部に逆転があった。葉色による衰退基準とクロロフィル含量との関係が高かった。また個体サイズとクロロフィル含量とは正の相関があり、大径木のクロロフィル含量が少ない傾向は認められなかった。葉面積とは相関が低かった。

キーワード：ブナ、クロロフィル含量、丹沢、ブナ枯れ、葉緑素計

I はじめに

丹沢山地では、1980年代からブナ(*Fagus crenata*)の集団枯損が発生し、その再生が課題となっている(越地ら、1996、丹沢大山自然環境総合調査調査団、1997)。原因については、オゾン(戸塚ら、1997a, 1997b)、酸性霧(丸田ら、1997)、ナラタケ(越地ら、1996)、ブナハバチ(越地、2002)など、さまざま原因の関与が指摘され、複合的な要因によるものと考えられ、調査が進められている。

枯損の被害状況は、航空写真の判読による枯死個体の分布調査から、広域的な被害の発生状況がすでに明らかにされている(越地ら、1996)。こうしたブナの衰退について、その保全を考えると、生育しているブナの広域かつ長期にわたるモニタリングと手法の開発が必要である。衰退原因の解明

に向けても、被害実態の把握が不可欠であり、より簡便な手法の確立が求められている。

一方、衰退の過程として光合成機能の低下が疑われている(戸塚ら、1997b、横井ら、1997)。こうした衰退度を生理的な面から定量的に調査する手法の一つとしてクロロフィル含量があり(森林立地調査法編集委員会、1999)、葉緑素計による簡易な測定法が開発されている(只木ら、1988、吉川ら、1994、Tobias *et al.*, 1994)。クロロフィル含量の調査は、丹沢大山自然環境総合調査の中でも行われ、檜洞丸での衰退箇所の調査では、被害林の方が有意に少なくなっている(戸塚ら、1997b)。しかし、年次により差が認められない場合がある(横井ら、1997)など、衰退に当たり葉色も含めどのような変化をするのか不明な点も多い。近年、ブナ苗木のオゾン暴露試験によりクロロフィル含量の大幅な低下が

* 神奈川県自然環境保全センター研究部(〒243-0121 神奈川県厚木市七沢657)

報告されており(IZUTA *et al.*, 1996、武田, 2002)、その有効な指標になると考えられる。

また、このような葉の生理的な変化は、短期的な汚染物質等の影響を指標すると思われるのに対し、枯死という現象は、衰退原因の累積的な影響も考えられる。モニタリングにあたっては、葉の生理状態とあわせて樹型全体の変化もとらえていく必要がある。

自然環境保全センターでは、丹沢のブナ林の衰退原因の解明に向けて、その手法の検討を行っている。本報では、丹沢山地全体のブナのモニタリングの予備試験として葉緑素計によるクロロフィル含量を5か所の調査地で測定を行った。さらにクロロフィル含量と衰退状況との関係を検討した。

II 材料及び方法

ブナの調査地は、丹沢及び箱根の5か所で設定した(図1)。衰退区として過去にブナの枯損が報告されている(越地, 1996)、日高(ひったか)、大室山、菰釣山の3か所を設定し、対照として丹沢の中でも被害報告のない雨山峠及び箱根の駒ヶ岳を選んだ。

調査地の設定にあたっては、ブナが現況で一定程度まとまった林を選んだ。その中で長さ100 m以上、幅20 m以上のベルトトランセクトを設定し、設定した区域内の胸高以上のブナをすべて調査対象とした。調査地はいずれも尾根上であり、駒ヶ岳を除く4地点はいずれもなだらかな斜面上である。各地区の調査個体本数及び調査地の概要は表1に示す。



図1 調査地の位置

表1 調査地の概要

箇所	標高	傾斜	方位	調査数	胸高直径
日高	1,460	18°	N40°W	32	46.7
雨山峠	1,010	14°	N5°W	40	20.1
大室山	1,220	0-22°	N10°E	36	34.4
菰釣山	1,370	10°	S5°W	35	30.2
駒ヶ岳	1,320	43°	N55°E	31	51.7
			計		174

注)胸高直径は、調査個体の平均値

試料採取及び衰退度の調査は、2001年8~9月に実施した。

試料である測定枝の採取は、プロット内の全個体から20 m測竿の先端に鎌をつけたものを用い、できるだけ高所の陽樹冠部から採取した。落とした枝の中から伸長のよい当年枝3本を選び、各枝について最大の大きさの葉を試料とした。

クロロフィル含量の測定は、葉緑素計SPAD-502(ミノルタ社製)によるSPAD値を換算して行った。SPAD値の測定は、1個体につき試料として選んだ葉3枚について、1葉当たり3回を現地で測定し、解析にはその平均値を用いた。測定したSPAD値を、クロロフィル含量との回帰から求めた(1)式によりクロロフィル含量に換算した(上村・石田、未発表)。

$$\text{Chl} = (e^{((\text{SPAD}+38.09)/20.14)}) - 5.5 \quad (1)$$

ここでChl: クロロフィル含量($\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$)、SPAD: 葉緑素計SPAD-502の測定値である。

測定したクロロフィル含量について、累積的な影響である樹木の全体的な衰退状況との比較を行うため、その衰退状況を山家(1977)の調査基準により着葉量と枝枯の程度から、5段階の衰退の基準を作成し、目視によりすべての調査木について判定を行った。その基準を表2及び写真に示す。また、葉の生理状態を示すより簡易な手法として、樹冠全体の目視による葉色について、葉が黄変して落葉する過程を考慮して5段階の基準を作成し(表2)、判定を行った。測定した値について同様にクロロフィル含量値との比較を行った。

さらにクロロフィル含量と比較する形態の一つとして葉面積を用いた。これまでの衰退原因の調査の中で、檜洞丸の衰退木と健全木の比較では、有意に衰退木の葉が小さいことが明らかになっている

表2 ブナの衰退度と葉色の判定基準

指数	衰退度	葉色
5	著しく衰退(生枝わずか)	黄 色
4	衰退 (一部大枝が枯死または後生枝目立つ)	淡黄緑色
3	やや衰退 (小枝・当年枝減少枯枝目立つ)	淡緑色
2	衰退兆候 (被圧以外の枯枝あり)	やや薄い緑色
1	健全(樹冠に欠損ない)	濃緑色



指数 3



指数 5



指数 2



指数 4



指数 1

写真 ブナの衰退度の判定基準

(横井ら, 1997)。しかし葉面積と衰退との直接の関係については不明な点が多い。葉面積の測定は、試料としたクロロフィル含量を測定した葉を現地より持ち帰り、スキャナータイプの葉面積計AM100(ADC社製)を用いて室内で行った。

解析は、測定したクロロフィル含量の調査地間の比較を行なった。さらにクロロフィル含量と観察した衰退度及び葉色との比較を行なった。また、個体毎の葉面積等のデータ、個体サイズとの比較を行なった。これによりクロロフィル含量によるブナの評価とその累積的な影響である衰退度の関係を明らかにするとともに、そのモニタリング手法の検討を行なった。

III 結 果

1 調査地別のクロロフィル含量と衰退度

測定したクロロフィル含量について図2に示す。分散分析により調査地点間は有意に含量に差があり($p<0.001$)、日高、雨山峠、蘿釣山の丹沢の3地点が $40 \mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$ 程度で低く、もっとも高い箱根駒ヶ岳の約半分の含量であった。

次に調査地点別の衰退度では(図3)、カイ2乗検定の結果、衰退度は有意に偏りがあり、調査地ごとの衰退の状況に有意な違いが認められた($p<0.001$)。衰退区として設定した日高、蘿釣山、大室山の順に衰退度が高い個体が多く、逆に対照区の箱根駒ヶ岳、雨山峠が衰退度の低い個体が多かった。雨山峠はクロロフィル含量の結果と大きく異なり

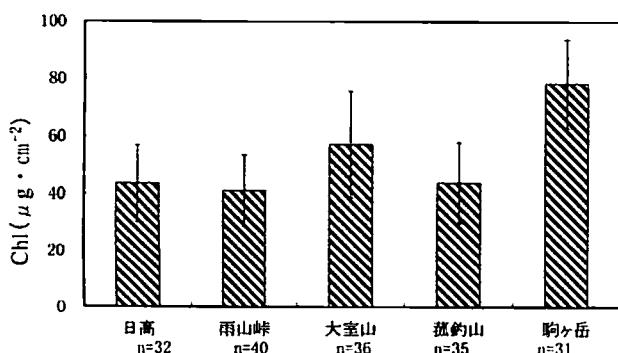


図2 調査地別ブナのクロロフィル含量

棒線は標準偏差、分散分析により調査地間に有意差あり($F=156.78$, d.f.=4, $p<0.001$)

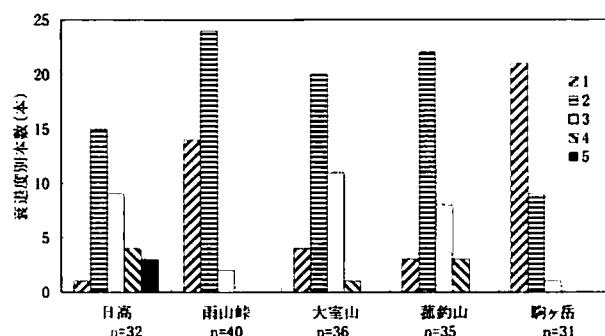


図3 調査地別ブナの衰退度

調査地により衰退度に有意差あり
($\chi^2=77.56$, $p<0.001$)

衰退度の低い個体が多かった。

2 クロロフィル含量と衰退度、諸形質の関係

調査した衰退度と葉色別の本数頻度を図4に示す。いずれも基準2が多いが、衰退度の方が基準2への偏りが大きく頻度も異なった。そこで衰退度と葉色をクロス集計表により検討した(表3)。その結果、Spearmanの順位相関係数は0.562であり、有意な関係が認められたが($p<0.001$)、その相関係数はやや値が低かった。

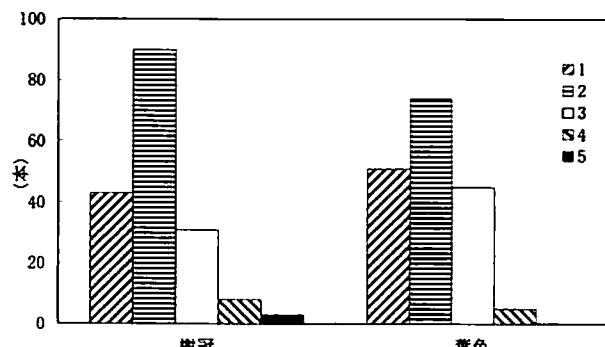


図4 衰退度と葉色のランク別本数(n=175)

表3 衰退度と葉色のクロス集計表

衰退度						備考	
指數	5	4	3	2	1		
葉	5					0	Spearmanの
色	4	1	6	4		11	順位相関
	3	1	4	57	84	151	0.562
	2	1	6	24	200	60	有意性
	1			12	68	150	$p<0.001$
計	3	16	93	356	215	683	

この衰退度と葉色の基準別のクロロフィル含量を図5及び図6に示す。図5の衰退度では、衰退度の低い個体が含量も高い傾向が認められたが、基準5のクロロフィル含量が基準4を上回るなど一部に逆転もあった。これに対し図6の葉色とは明確な対応関係を示し、樹冠全体の葉色がクロロフィル含量をよく指標した。

次に衰退度と測定した葉面積等とクロロフィル含量の関係について解析を行った(図7)。測定した葉面積とクロロフィル含量との相関係数は、0.135であり有意ではあるが($p<0.01$)、その値は低かった。調査地別の葉面積については、12～15 cm²程度で調査地間で有意な差があるが($F=14.43$, d.f.=4, $p<0.001$)、その差は少なく、図2のクロロフィル含量の調査地別の測定結果の順位とは一致しなかつた。

さらにクロロフィル含量と個体サイズの検討を行うため、胸高直径と比較を行ったところ、個体ごとの測定値とクロロフィル含量との相関係数は、0.321となった(図8)。相関係数は低いが有意な正の相関関係が認められ($p<0.01$)、胸高直径が大きい、すなわち個体サイズの大きい個体が衰退しているという予測に反し大径木の方がクロロフィル含量が高い結果になった。

IV 考 察

オゾンによるクロロフィル含量の低下は多く報告されており(久野, 1980他)、このため戸塚ら(1997b)は、檜洞丸のブナ衰退区のクロロフィル含量低下の原因をオゾンの可能性が高いと考察している。最近のブナ苗木によるオゾンによるクロロフィル

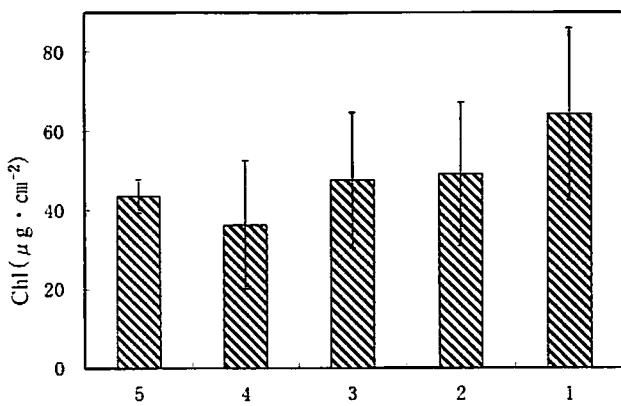


図5 衰退度ランク別のクロロフィル含量

棒線は標準偏差を示す。

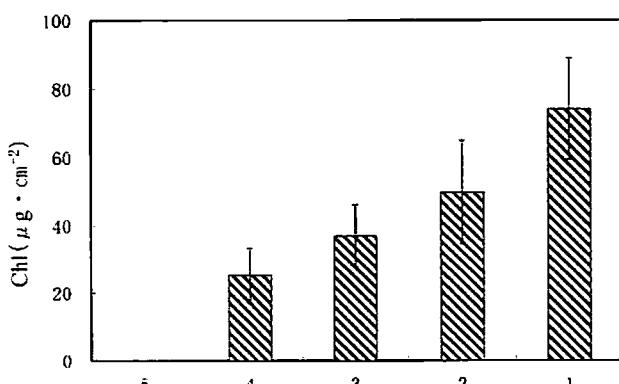


図6 葉色ランク別のクロロフィル含量

棒線は標準偏差を示す。

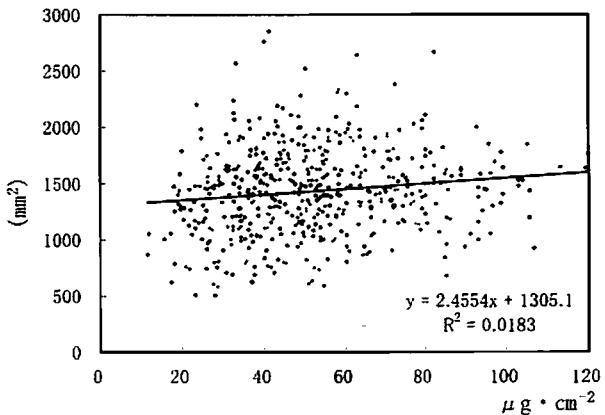


図7 クロロフィル含量と葉面積の関係

(n=522) 図中直線は回帰直線を示す。

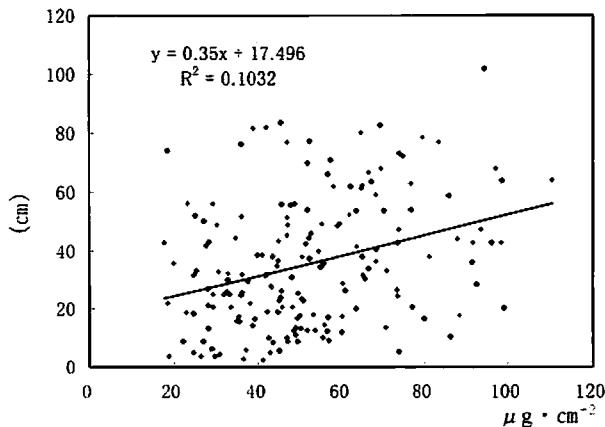


図8 クロロフィル含量と胸高直径の関係

(n=174) 図中直線は回帰直線を示す。

含量の低下の報告(武田, 2002, IZUTA *et al.*, 1996)とあわせてその低下の原因は、オゾンなどの汚染物質の影響があると考えられる。

今回のクロロフィル含量の測定結果は、丹沢の日高、雨山峠、菰釣山の3地点が $40 \mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$ 程度となり、戸塚らの報告した檜洞丸の衰退区と比較して低く、IZUTAらのブナ苗木のオゾンの10週間暴露区の150ppb区と75ppb区の中間の値であり、汚染物質の影響が懸念されるレベルと考えられる。

このうち雨山峠に関しては、当初、衰退の対照区として設定した林分であり、図3の全体の目視による衰退度においても、駒ヶ岳に次いで健全な個体が多い。このクロロフィル含量と衰退度の結果の不一致の理由として、雨山峠は、表1のとおり胸高直径の小さい比較的若い林分であり、調査木の中には亜高木程度のやや被圧された個体も見られた。このことはSPAD値は葉の厚さ、樹齢、樹冠の位置により変化することが報告されており(Tobias *et al.*, 1994)、このような被圧された個体や若い個体の影響でクロロフィル含量が低下している可能性が考えられた。このため測定にあたっては、一定の大きさ以上の高木の陽葉に限るなど、条件をそろえることが必要であろう。

また、クロロフィル含量は、季節的な変化も報告されている(吉川ら, 1994, Tobias *et al.*, 1994)。これについては、現在筆者らは丹沢の固定試験地において調査を進めており、その結果を元に最適な調査時期を検討する予定である。

またクロロフィル含量値は、目視による個体の衰退度とは関係があるものの、一部に逆転もある結果となった。クロロフィル含量は、葉の現在の生理的な指標であるのに対し、衰退度は、伸長阻害を受けた樹型形態を指標することから、これまで受けた被害の累積的な指標と考えることができる。

あてはまりが一部異なった、樹型形態の衰退度とクロロフィル含量が一致しなかったことは、一定の衰退樹型形態をとらずに衰退が進行している可能性を示しており、急性的な葉の生理被害を受けている個体があることを示していると思われる。

このためそのモニタリングや衰退原因の究明にあたっては、衰退度と葉の生理状態それぞれを調査

していくことが望まれる。

またこうしたことは、ブナハバチ等の食葉性昆虫などによる急激な葉の被害により枯死することと関連がある可能性がある。

一方、葉色とは、ほぼ直線的な関係を持つことが明らかになった。今回の葉色の基準は葉が黄変して落葉する課程を考慮して設定したが、SPAD値によるクロロフィル含量は、このような色の変化で、ある程度指標ができると考えられる。こうした指標調査は、たとえば葉の採取が困難な場合等に有効であり、葉の生理状態を明らかにする上でも重要な知見である。

これまでに衰退との関係が指摘された個体サイズや葉面積については、逆に胸高直径が大きい個体がクロロフィル含量が高く、葉面積も直接の関係は認められなかった。原因として、今回対照区として調査した箱根の駒ヶ岳が大径木が多かったのに対し、衰退度の低い個体が多く、クロロフィル含量も高かったことが考えられる。既存の報告で関係が指摘された理由として、衰退林分が元々一般に葉面積が小さくなる尾根上に多かったこと、個体サイズについても元から大径木が多かったことが考えられるが、今後の本格的な衰退原因調査で解明していきたい。

V 謝 辞

本研究の実施にあたり、森林総合研究所石田厚樹木生理研究室長には、ブナのクロロフィル含量の回帰式をご教示いただいた。長野県林業総合センターの小山泰弘氏には資料の送付のほか、貴重なご助言を頂いた。林野庁東京神奈川森林管理署には入林、調査の際に便宜を図っていただいた。また自然環境保全センター職員の方々には、試料採取やとりまとめにあたりご指導及びご協力をいただいた。ここに深く感謝の意を表す。

VI 引用文献

- Izuta, T., Umemoto, M., Horie, K., Aoki, M. and Totsuka, T. (1996) Effect of Ambient Levels of Ozone on Growth, Gas Exchange Rates and Chlorophyll

- Contents of *Fagus crenata* Seedlings. J. Jpn. Soc. Atmos. Environ. 31 (2) : 95-105
- 越地 正・鈴木 清・須賀一夫 (1996) 丹沢山地における森林衰退の調査研究 (1) ブナ、モミの枯損実態. 神奈川県森林研研報22 : 7-18.
- 越地正 (2002) 丹沢山地におけるブナハバチ大発生の経過とブナの被害実態. 神自保セ研報29 : 27-34.
- 久野春子 (1980) 光化学オキシダントがポプラさし木苗の生育に及ぼす影響 第2報 光化学オキシダントが各葉齢のクロロフィル含有率、光合成・暗反応速度、可溶性炭水化物・窒素含有率に及ぼす影響. 大気汚染学会誌15 : 155-162.
- 丸田恵美子・臼井直美 (1997) II 酸性雨・霧. 81-88pp, 丹沢大山総合調査報告書, (財) 神奈川県公園協会・丹沢大山総合調査企画委員会編, 635pp, 神奈川県環境部, 横浜.
- 森林立地調査法編集委員会 (1999) 森林立地調査法, 284pp, 博友社, 東京.
- 只木良也・木下真実子 (1988) 葉緑素計SPAD-501を用いて測定した樹木の葉のクロロフィル濃度. 日林誌70 : 488-490.
- 武田麻由子 (2002) オゾン暴露によるブナ葉の生理活性の変化. 神環科セ研報25 : 114-115.
- 丹沢大山自然環境総合調査調査団 (1997) 調査のまとめと自然環境保全のための提言. 1-11pp, 丹沢大山総合調査報告書, (財) 神奈川県公園協会・丹沢大山総合調査企画委員会編, 635pp, 神奈川県環境部, 横浜.
- Tobias, Dennie J., Yoshikawa, K., Ikemoto, A., Yamaguchi, Y. (1994) Seasonal Changes Leaf Chlorophyll Content in the Crowns of Several Broadleaved Tree Species. J. Jap. Soc. Reveget. Tech. 20 (1) : 21-32.
- 戸塚績・青木正敏・伊豆田猛・堀江勝年・志磨克 (1997a) IV南斜面ブナ衰退地と北斜面ブナ健全地の大気汚染濃度及び土壌の比較. 93-96pp, 丹沢大山総合調査報告書, (財) 神奈川県公園協会・丹沢大山総合調査企画委員会編, 635pp, 神奈川県環境部, 横浜.
- 戸塚績・青木正敏・伊豆田猛・堀江勝年・志磨克 (1997b) VIブナ衰退地と健全地の葉の生理活性、葉の特徴及び葉内元素濃度比較とブナ衰退原因について. 99-102pp, 丹沢大山総合調査報告書, (財) 神奈川県公園協会・丹沢大山総合調査企画委員会編, 635pp, 神奈川県環境部, 横浜.
- 上村章・石田厚, 未発表資料.
- 山家義人 (1978) 都市域における環境悪化の指標としての樹木衰退と微生物相の変動. 林試研報301 : 119-129.
- 横井洋太・坂田剛 (1997) 丹沢檜洞丸におけるブナ衰退木の個葉光合成と葉形質. 97-98pp, 丹沢大山総合調査報告書, (財) 神奈川県公園協会・丹沢大山総合調査企画委員会編, 635pp, 神奈川県環境部, 横浜.
- 吉川賢・井上雄介・嶋一徹・千葉喬三・坂本圭児 (1994) 樹木の葉のクロロフィル濃度の季節変化. 日緑工誌19 : 215-222.

神奈川県自然環境保全センター研究報告編集要領

(趣旨)

第1条 この要領は、神奈川県自然環境保全センター（以下「保全センター」という。）における試験研究の成果報告を目的とした「神奈川県自然環境保全センター研究報告」（以下「研究報告」という。）の編集に関して必要な事項を定める。

(掲載原稿の種類)

第2条 掲載する原稿の種類は、次の各号に掲げるとおりとし、内容は別に定める「神奈川県自然環境保全センター研究報告投稿規定」（以下「投稿規定」という。）による。

- (1) 原著論文
- (2) 短 報
- (3) 資 料
- (4) 報 告
- (5) 他紙発表原著論文の要旨
- (6) そ の 他

(研究報告の発行)

第3条 研究報告は、原則として年1回発行する。ただし、編集委員会が必要と認めた場合はその限りでない。

(投稿者の資格)

第4条 研究報告への掲載を希望する者（以下「投稿者」という。）は、次の各号のいずれかに該当する者とする。

- (1) 保全センター研究部の職員
- (2) 保全センター研究部職員との共同研究者または共著者
- (3) 研究報告編集委員会（以下「編集委員会」という。）が認めた者

(原稿の提出)

第5条 投稿者は、別に定める期日までに、「投稿規定」で定められた原稿並びに投稿カード（様式1）を編集委員長が指名した研究報告編集主事（以下「編集主事」という。）に提出する。

2 編集主事は、提出された原稿をとりまとめ、編集委員会に報告する。

(投稿原稿の審査)

第6条 前条第2項の規定により報告された投稿原稿は、編集委員会において審査を行い、採択を決定する。

2 前項の審査に際し、編集委員会は、あらかじめ主査を指定し、原稿の閲読を求めることができる。

3 編集委員会は、原著論文の審査に際し、必要に応じて外部の学識経験者等に査読を依頼し意見を求めることができる。

4 編集委員会は、必要に応じ、原稿の修正を求めることができる。

(原稿の受理及び採択日)

第7条 原著論文については、第5条の規定による提出日をもって受理日とし、前条の規定による採択決定の日をもって採択日とする。採択日を当該論文の第1ページ脚注に記載する。

(原稿の採否の報告)

第8条 編集主事は、第6条の規定により決定した原稿の採否及び修正等について、投稿者にその結果を報告する。

(校正)

第9条 前条により採択または修正の報告を受けた投稿者は、原稿の修正および校正を行い校了原稿を指定期日までに編集主事を経由して編集委員会に提出する。

2 校正は、原則として2回とする。

(論文等の掲載順序)

第10条 採択された論文等は、原則として第2条第1号から第6号の順に掲載するものとし、各号の種類ごとに受付日順に掲載する。ただし、編集委員会の判断によりこれを変更することができる。

(編集委員会)

第11条 第6条に規定する投稿原稿の審査等を行うため、保全センター職員で構成される編集委員会を置く。

2 編集委員会には委員長をおく。

3 編集委員会は、必要に応じて、構成員以外の者の出席を求め、その意見を聞くことができる。

(その他)

第12条 この要領に定めるもののほか、研究報告の編集に関して必要な事項は、別に定める。

附 則

この要領は、平成12年4月1日から施行する。

神奈川県自然環境保全センター研究報告投稿規定

1 神奈川県自然環境保全センター研究報告(以下「研究報告」という)は、当センター研究部における研究業績及び関係する調査研究結果を投稿することができる。投稿者資格は神奈川県自然環境保全センター研究報告編集要領(以下「編集要領」)による。

2 原稿の種類は、原著論文・短報・資料・報告・各年度の他紙発表原著論文の要旨・その他とし、その内容は以下のとおりとする。

(1) 原著論文

日英表題、要旨(5字以内のキーワードを添付する)、本文及び図表、参考文献からなり、未発表の内容を含み、十分な考察がなされているもの。

(2) 短 報

日英表題、要旨(省略可)、本文及び図表、参考文献からなり、新規性がありかつ公表の緊急性が高いもの、新たに開発された研究方法や機械の紹介、既成の知見を確認する報文や貴重な測定結果等。

(3) 資 料

表題、データ等からなり、所内研究終了課題の研究成果で得た測定結果、知見などを簡潔にとりまとめたもの。

(4) 報 告

総説・調査報告・国際学会報告等である。

(5) 他紙発表原著論文の要旨

(6) そ の 他

1号から4号に該当しない種類で、研究報告編集委員会(以下「編集委員会」という。)が認めたもの。

3 原著論文、短報、資料は、以下の書式に従う。他も可能な限り従うものとする。なお編集委員会が必要と認めたものはこの限りでない。

(1) 要旨は冒頭に著者名、表題、神奈川県自保セ研報、空白(15文字分)を付加し、これらを含めて和文は500字以内、英文は250語以内とする。要旨中では図・文献・数式などの引用は

避け、行をかえない。

(2) 原著論文の表題は、連報性(I、II等のついた表題)にしない。また、「・・・に関する研究」や「・・・について」などの表現は避ける。

(3) 原稿は、パソコン等に入力して作成し、A4判の白紙に横書きで、横23字×縦42行に整えたものとする。新仮名遣いにより、学術用語以外は常用漢字を用いる。原稿中に欧語を用いるのは、その必要がある場合に限る。なお原稿の長さは特に制限しない。

(4) 印刷所への原稿の入稿には本文を保存したフロッピーディスクを添付する。

(5) 動物・植物の和名は片仮名書きとし、学名はイタリックとする。これらの字体の指定は、太字指定、数式(係数など)の字体指定などとともに下記の例にならってすべて朱書きとする。単位は慣用となっている略字によって記載し、ピリオドをつけない。単位、数は半角表記とする。

Pinus → *Pinus*

(6) 図・表は別紙とし、表題にはそれぞれ通し番号(図1、表1など)をつける。また上端外に著者名、通し番号をつける。表題や注には英文を併記することができる。図・表を入れたいおよその位置を本文該当箇所の右欄外に、図1、表1のように朱記する。

図:コンピュータのグラフィックソフトなどを使用する場合は、PPC用紙に印刷し、希望する縮率を端に記載する。ケント紙などに黒インクで書く場合は、印刷される大きさのおよそ1.2~1.4倍大に書く。鉛筆書きは認めない。トレーシング用紙など薄手のものを用いた場合は、必ず白色厚手台紙にはる。図の題および説明は別紙に記載して、引用文献のあとに綴る。

表:大きさは原則として、1ページに印刷できる限度以下とする。表の縦けいは省き、横けいもできる限り省略する。表よりも図が望ましい。表題は表の上に、注は表の下に記載する。

(7) 引用文献はアルファベット順に記載する。

本文中での引用は、該当人名に（年号）あるいは事項に（人名、年号）をつけて引用する。後述の方法で同一人名で同一年号の場合は年号のあとに発表順にa、b、cをつける。）誌名の略記法は和文の場合は慣例により、欧文の場合はForestry Abstractsにならう。巻通しページがある場合は巻のみとし、ないときは、巻（号）併記する。記載方法は下記の例に従う。

例

(8) 雑誌の場合

山根正伸・横内広宣（1991）スギノアカネトラカミキリによる林分内被害量調査法. 日本林学会誌73: 264-269.

Yamane, M., Hayama, S. and Furubayashi, K. (1996) Over-winter weight dynamics in supplementally fed free-ranging sika deer (*Cervus nippon*). *Journal of Forest Research* 1(3):143-153.

(9) 書籍の場合

中川重年（1994）検索入門針葉樹. 188pp, 保育社, 大阪.

Levitt, J. (1972) Responses of plant to environmental stresses. 697pp, Academic Press, New York and London.

(10) 書籍中の場合

小林繁男(1993)熱帯林土壤の瘦悪化. 280-333. 热帶林土壤. 真下育久編, 385pp, 勝美堂, 東京.

Wells, J. F. and Lund, H. G (1991) Integrating timber information in the USDA Forest Service. 102-111. In *Proceedings of the Symposium on Integrated Forest Management Information Systems*. Minowa, M. and Tsuyuki, S. (eds.), 414pp, Japan Society of Forest Planning Press. Tokyo.

4 投稿者は、別に定める期日までに、原稿2部並びに投稿カード（様式1）を編集委員会が指定した研究報告編集主事（以下「編集主事」という。）に提出する。提出にあたっては、原則としてパソコン又はワープロのフロッピーディスクを添付する。

5 投稿された原稿は、編集要領に基づき審査を行い、掲載の可否を決定するとともに、審査結果により修正を求める場合がある。

6 本文中の番号の記載順序、文章の書き出しは原則として神奈川県文書行政管理規定に従う。

(2000年4月1日施行)

付 則

- 1 この投稿規定は、2000.4.1から施行する。
- 2 旧森林研究所研究報告内規、同執筆要領は廃止する。

神奈川県自然環境保全センター研究報告編集委員会

委員長 石田 哲夫 (所長)
〒243-0121
厚木市七沢657
神奈川県自然環境保全センター内
TEL: 046-248-0321
FAX: 046-247-7545

委員 原田 進 (副所長)
白井 真 (企画情報課)
山本 真一 (研究部)
山根 正伸 (研究部)
藤澤 示弘 (研究部)

論文及び短報の審査者

神奈川県自然環境保全センター研究報告編集要領第6条3項の規定により30号に投稿された原稿のうち、
短報は編集委員会が依頼した次の審査者が閲読を行った。ここに記して謝意を表します。

明間民央 (独) 森林総合研究所九州支所 研究官

CONTENTS

Short communications

Tokihiro FUJISAWA

- Ectomycorrhiza Investigation in the Beech Forest in Tanzawa Mountains.
—(1) Effects of Differences in Forest Floor Vegetation. — 1

Notes

Atsushi TAMURA, Kouichi NAKAJIMA and Masatoshi MITSUHASHI

- The regeneration of tree seedlings under a first year gap of an *Abies firma* forest
in Fudakake, Tanzawa Mountains 9

Nobuyuki NAKAJIMA, Masanobu YAMANE, Yasuo TAKADA and Yoshiharu TOYONAGA

- Stationary telemetry mountain meteorological observation system
using personal digital cellularsystem 15

Masanobu YAMANE and Yoshio SHIBA

- Development of a PDA Software Application for the Point - Centered Quarter Method
to the Sampling of Forest Stands 27

Hiroshi SAITO

- The decline form and leaf chlorophyll content of the Japanese beech (*Fagus crenata*)
in Tanzawa Mountains. 41

平成 15 年 3 月 印刷
平成 15 年 3 月 発行

編集・発行 神奈川県自然環境保全センター
厚木市七沢 657
TEL (046)248-0321
〒243-0121

印 刷 湘嵐コピーサービス
愛甲郡愛川町中津791-2
TEL (046)285-3174
〒243-0303

R100 再生紙を使用しています。



神奈川県

自然環境保全センター

厚木市七沢 657 〒243-0121 電話 (046) 248-0321