

任期を終えて

前会長 阿部 信行
(新潟大学教育研究院自然科学系)

このたび、会長職の任期を無事終えることができました。この2年間に皆様から頂戴いたしましたご支援、ご協力に心からお礼申し上げます。

2年前、5代目会長の田中和博先生から会長職を引継ぎました。丁度森林フォーラムが発足して10周年という節目の重要な時期でした。前事務局長の松村直人先生らが10周年の準備をして下さり、岐阜県大垣市で盛大に10周年記念シンポジウムを開催できました。10年間のGISの発展は木平初代会長から基調講演がありました。その後、島根県飯南町でGISを利用した中山間地の諸問題のシンポジウムを開催しました。東京シンポジウムでは災害関係、日本林野測量協会との合同でGPS等の実践的な話題を取り上げました。いずれも盛会であり、大きな成功を収めることができました。お世話になりましたご関係者の皆様に心からお礼申し上げます。また、賛助会員の方々のデモも非常に有益でした。

GPSのシンポジウムでは、従来の森林計画図の位置情報の精度が論議されました。測定機器はどんどん使いよく、精度も向上しています。民有林の森林資源管理を考えますと、GISの重要性は誰しもが理解されていると思います。森林資源管理が一層進展するためにも、位置情報の整備は重要です。より実践的な課題解決への努力が求められると思います。

この二年間の活動では、副会長の加藤先生の努力により、森林GIS学生フォーラムを2回、開催しました。学生らの真摯な態度を見ていますと、GISの技術が着実に進捗したことがよく分かります。

今年度から副会長だった信州大学の加藤正人教授が会長職を引き受けてくださることになりました。新体制のもと森林GISフォーラムが益々発展されますことを心からお祈り申し上げますとともに、皆様の一層のご支援、ご高配をお願い申し上げます。

<<記録>> 森林GISフォーラム・日本林野測量協会共催 東京シンポジウム

主催：森林GISフォーラム 共催：日本林野測量協会

開催日：2月7日(火) 10時～17時

場所：東京大学農学部 弥生講堂

近年発展の著しい、森林分野におけるGPS利用について、研究者、実務者それぞれの立場から報告、討論をいただき、今後について展望する。

会場受付開始 9時30分
「森林GISフォーラム賛助会員企業およびGPSメーカーによるデモ」 10時～16時

「森林内におけるGPS利用について」 10時～12時10分
主催：日本林野測量協会 共催：森林GISフォーラム

10:00-10:10 日本林野測量協会会長挨拶 三澤毅氏

10:10-11:10 「GPS利用の現状と展望」 安田明生氏(東京海洋大学)

11:10-11:40 「森林におけるGPS利用～どのように使ってゆくのがよいのだろうか」
露木 聡氏(東京大学)

11:40-12:10 「林業現場でのGPS活用事例」 江藤祐輔(宮崎県南那珂森林組合)

「森林におけるGPS利用の展開」 13時30分～17時
主催：森林GISフォーラム 共催：日本林野測量協会

13:30-13:40 開会挨拶 阿部信行氏(森林GISフォーラム会長)

13:40-14:00 「森林GISに関する林野庁の近年の取組み」 森谷克彦氏(林野庁計画課)

14:00-14:30 「野外調査でのGPSの応用」 小谷英司氏(森林総研四国支所)

14:30-15:00 「富山県林務におけるGPS利用の現状」 小林裕之氏(富山県林業技術センター)

15:00-15:10 休憩

15:10-15:40 「山村部における国土調査の推進について」 田中大和氏(国土交通省国土調査課)
(谷津正淑氏当日代理講演)

15:40-16:10 「森林の持続的マネジメントのためのGPS利用」 吉村哲彦氏(京都大学)

16:10-16:50 総合討論

16:50-17:00 閉会挨拶 加藤正人氏(森林GISフォーラム副会長)

GPS利用の現状と展望

安田明生(東京海洋大学海洋工学部)

GPSの誕生と現状

GPSは米軍により最も新しく開発された電波航法システムで、開発は1970年代に始まり、1995年に正式の運用開始が宣言され、このときから世界中のどこでもいつでも上空が開けていれば100mの精度の連続的な測位が保証されることとなった。これに先立つこと4年の1991年9月米合衆国政府がICAO総会で1993年から少なくとも10年間の無償での民生利用を約束した。さらに1996年3月にはクリントン大統領のPDDで、全世界に無償での民生利用を再確認した

その後 2000 年 5 月には 1990 年以来加えられていた SA と呼ばれる精度劣化操作が取り止められ、それ以来、10 数メートルの精度の測位が保証されている。実験運用が始まった 1980 年代半ばより、民間に使用が許されている。入り組んだ道筋と住所表示を持つ我が国で最も早くからカーナビの必須アイテムとして採用された。現在では安価な受信機が大量に製造されるようになり、世界の普及率を誇っている。最近では携帯電話にも組み込まれようになってきたが、2007 年 4 月から、携帯電話からの緊急通報には位置情報が必要になるので、さらなる普及が期待されている。

また余り気付かれてないが、携帯電話の基地局の時刻同期に用いられ、効率良い通信に不可欠のものとなっているし、遠隔地間の時刻同期ツールとしても貴重なものとなっている。GPS の電波の位相(搬送波位相)を用いる測位方式は数 mm の分解能が得られるので、測量や地殻変動のモニタに活用されている。表 1 は GPS の概要を示す。一日に約 2 回地球を周回し、同地点の上空に同じ衛星配置が日ごとに 4 分ずつ早まって現れる。24 機の衛星で所定の性能を発揮するとされているが、2006 年 1 月現在、29 機の衛星が軌道上に有る。東京では、上空が開けていれば少なくとも 7 ~ 8 機、多いときには 12 機程度が見え、サービスに供されている。4 機以上の衛星からの信号が得られれば位置と時刻を同時に決定できる。すべての衛星はセシウムあるいはルビジウムの正確な原子発振器(10.23MHz)を搭載し、これの整数倍(154 倍)の同一の周波数で信号を送信している。衛星ごとに異なるコード(ゴールド符号)で位相変調することにより識別される。P コードは、2 つの周波数の電波で測距信号が送信されるので、電離層伝搬遅延量が測定でき、高精度測位が可能であるが、軍用で、一般には開放されていない。L1、L2 の属する周波数帯は携帯電話にも使用されている。

GPS の近代化

1998 年 3 月 30 日、当時のゴア副大統領が 2005 年打ち上げ予定のブロック F から L2 帯による民生コードの送信と第 3 の周波数を民間用に追加することを宣言した。これが GPS 近代化の推進を最初に世界に約束したものとされる。

2006 年 1 月現在の予定では、昨年から今年に掛けて打ち上げ予定の 8 機のブロック R-M 衛星の L2 電波に民生用のコード(L2C)を載せることになっている。図 1(a)(b)はそれぞれ現行と R-M に載せられる信号の周波数スペクトルを示す。L2C が完全に使えるようになる(FOC : Full Operational Capability)のは 2013 年とされている。コード長が 10 倍になる等で、各衛星信号間の分離がよくなるなど測位性能向上が見込まれている。P(Y)コードは信号のチップ長が C/A コードの 10 分の 1 なので、周波数帯域幅は 10 倍である。2006 年から打ち上げ予定のブロック F 衛星には図 1(c)に示すように、さらに 1176.45MHz に L5 と呼ばれる電波を追加することになっている。L5 の周波数帯域幅(チップ長に依存する)は P(Y)コードと同じで、電波干渉やマルチパスの影響を軽減できる。電力も増強される見込みである。FOC は 2014 年秋頃からとされている。ブロック R-M 以降には L1、L2 に M コードと呼ばれる軍用の信号が載ることになっているが、これは民生用ではないので、説明は省く。米国ではさらにこの先の GPS と呼ばれる計画を推進しており、2013 年頃から衛星を打ち上げ、FOC は 2018 年とされている。ここではブロック F のスペクトルに加えて、L1C と呼ばれる新しい信号が L1 帯に追加されることになっている。これは欧州が計画している Galileo という衛星測位システムが採用を予定している L1 帯の信号と同じもので、C/A コードをさらに 1MHz で変調した BOC(Binary Offset Carrier)と呼ばれる信号である。

人工衛星の寿命は、姿勢制御用の燃料に依存するといわれているが、GPS の場合は搭載原子時計の寿命によるところが大きいようで、設計寿命の 7.5 年を大幅に超えて就役する衛星が多く、更新が遅れがちで、近代化の進み方も年々先延ばしになる傾向がみられる。

GPS の誤差の見積もり

GPS による測位は 4 機の衛星から発射された電波が受信機アンテナに到着するまでの時間を測定する。それらに光速を掛けることにより各衛星までの距離を求めて、ユーザの 3 次元位置と受信機の時

計誤差の4つの未知数を決定することによりなされる。表2に誤差源とその誤差の見積もりを示す。一番左の欄は誤差源を示し、2番目は民間に利用が許されるC/Aコードによる測位誤差の値を示している。右端は2周波数が使える軍事用のものでSPSとの大きな違いは電離層補正の精度が良くなることである。それらに挟まれた欄の値は民間用のC/Aコードで近代化により得られるとされる値である。2あるいは3周波数により電離層の補正精度が格段に良くなるとされるが、この値を得るには搬送波位相を用いる必要がある。

GPS衛星の位置は測位点での位置決め基準であるから、できるだけ正確に決定されなければならない。刻々の衛星位置は航法メッセージ中に含まれる16個の軌道要素(ephemeris)を用いて計算により決定される。これらの値は世界の5ヶ所に配置された地上の監視局でモニタすることにより修正されるが、更新までの間に、太陽や月の引力、太陽光の輻射圧等の外乱によりドリフトし、誤差を生じる。

衛星時計の誤差は衛星搭載のセシウムCsとルビジウムRbの原子基準発振器のドリフトによるもので、監視局でモニタして、時計の補正予測値を航法データとして衛星からコード信号に載せて送信しているが、それによる補正の残差である。

監視局を増やすことにより、これらの予測精度を増して測位精度の向上を図る試みもなされている。中央の欄の()中の値はこれが実現したときのもので、GPSの代はこれを目標にしている。

この二つの誤差をまとめたものがSIS(Signal InSpace)誤差として見積もられるが、1990年に4.6mであったものが、年々改善され、2004年11月では1.1m、GPSの目標値として0.2mが挙げられている。

GPS衛星から受信アンテナまでの間には電離層と対流圏がある。電波が電離層中を通過するとき、電子密度に比例し、電波の周波数の2乗に反比例して電波の速度が遅くなる。この値は距離にして数mから数10mであるが、C/Aコードでは遅延量を推定するモデルを作り、電離層の状況に応じてその式の係数を決定し、航法データとして送信している。L1(SPS)のみの受信機では、これを用いて補正しているが、かなりの誤差を生じることがわかる。

電波は大気中でもわずかながら減速する。その大きさは数m程度であり、周波数に依存しないので、電離層と異なり2周波でも測定は不可能である。しかし、電離層に比べて変化が少ないので、モデル化により比較的容易に補正ができるが、この表に示す程度の誤差が見積もられている。

GPS受信機で受信される電波には、GPS衛星から発射されて、真っ直ぐ到達した電波だけではなく、衛星本体とか受信機のアンテナ近くの地面や構造物等で反射されて、異なった経路を通過してきた電波(マルチパス波)も重畳されている。マルチパス波のために直接波の波形は乱され、到達時間の測定に誤差を生じる。マルチパス誤差軽減のために受信アンテナや受信機の相関器に種々の方式が試みられている。

受信機ではコード同期により復調されたコードの立ち上がりで、到達時間を測定するので、含まれる雑音でその精度が決定される。受信機特性により雑音も大きく異なるが、最近の受信機は搬送波の位相変化も利用するので、表に示すような高精度が得られるとされている。

利用者等価測距誤差(URE:User Equivalent Range Error)は上記の誤差を自乗して総和を求め、平方根を取った値で、受信機から衛星までの距離測定誤差に相当する。これにHDOP(HorizontalDilutionof Precision:水平方向の誤差拡大係数で、測位に用いる衛星の配置による。配置が良ければ1に近い値となる。総合的な誤差拡大係数GDOPの中の水平方向成分である。)の2倍を掛けたものが2drmsとなる。定点測位するとき、これを半径とする円の中に95%の測位点が入るといわれており、GPSの総合的な性能評価に使われる。HDOPは上空が開けていれば1.0~1.5程度である。

その他の世界的な衛星測位システム

(1).GLONASS

GLONASS (Global Navigation Satellite System) はソ連軍が開発して、ロシア軍が運用している衛星測位システムである。これは GPS よりやや低い 3 軌道面、それらの傾斜角が高緯度に位置する国土を考慮して約 65 ° であることを除くと GPS とほぼ同じ性能と機能を持つ衛星測位システムで、ロシア版 GPS とも言えるものである。1996 年には 24 衛星で GPS と同様に全世界を 24 時間カバーしていたが、設計寿命は 3 年と言われており、次々と退役し、一時は 7 機まで減少していたが、2004 年夏には、ロシア政府により復活の強い意思表示がなされた。2005 年暮れには 12 機で運用、さらに 12 月 25 日には 3 機が打ち上げられ、2006 年 1 月 31 日現在、2 機は未就役であるが、これらがサービス・インすれば予定通り 15 機体制となる。GPS-GLONASS 共用受信機も市販されている。

(2)Galileo

Galileo は欧州連合で独自に開発・運用を目指す衛星測位システムを持つべく 1999 年頃から準備を開始した。2008 年運用開始を目指し 2005 年 12 月には実験衛星 GIOVE-A を打ち上げたが、運用開始は 2010 年以降にずれ込む見込みである。GPS よりやや高い 3 軌道上に 27 衛星を配置し、L バンドの 3 周波と C バンドで測距信号を送信しようとするものである。L1 帯は GPS と完全に重なる。基本的な測位サービスは無料であるが、高精度を求めるユーザーのために有料サービスが予定されている。商業的な採算性を目指しているのが特徴である。

準天頂衛星測位システム(QZSS)

準天頂衛星は我が国独自のアイデアで、GPS を補完・補強しようというもので、平成 15 年度から本格的に開発が始まった。静止衛星に赤道に対して角度を持たせることにより、衛星はその角度の緯度の真上まで一日に一回飛来する。さらに軌道を楕円にすることにより、日本の上空に長時間滞留させることもできる。この衛星からもう一機の GPS となる測距信号と同時に、GPS 測位を補強する信号を出そうというものである。高層ビルの林立する都市部や、険しい地形の山間部において、有効に働くものと期待されている。一号機の打ち上げは早くて平成 20 年、それから 2 年のうちに 2 機が追加され、日本の上空にいつでも一機は留まることになる。

図 3 に現在予想される軌道 (長半径約 43,000 km、軌道傾斜角 45 °、離心率 0.099) の 3 衛星の東京における仰角を示す。仰角 79 ° 以上にいつでも一機、30 ° 以上なら二機見える。

図 4 は将来の測位精度を示す。仰角 45 ° に限られていても、準天頂衛星が追加されることにより、現在上空が開けた場合の GPS 衛星のみによる測位と同等の測位精度が得られることになる。将来的には表 2 の UERE は技術開発によりさらに小さくなることが予想されるので、測位精度のさらなる向上が期待できる。

GPS では測位精度を決める軌道予報の精度 GPS の代になると大幅に改善され、10 cm 程度になることが予想される。

時計の安定度の向上も重要な課題である。これについては、従来の測位衛星に搭載されている Cs の原子時計の 1000 倍も安定な水素メーザを、新たに搭載すべく開発が進められている。

高感度 GPS 受信機

GPS の最大の弱点は、サービスエリアが衛星からの電波が直接届く屋外に限られることであった。そこで、樹木や木の葉で遮られる森林や、屋内や車内での測位を目指し受信機の感度を上げる努力が続けられている。天頂からの GPS 電波は表 1 に示すように、約 -125dBm である。従来の受信機感度は -150dBm 程度であったが、最近では高感度化の技術が進み、-160dBm まで受信可能なものが市販されている。

一方、本学キャンパス内において葉が生い茂る樹木の下で、受信を試みたが、数 dB から数 10dB の減衰が観測された。測位精度は劣化し、測位頻度も減少した。精密測量に用いられる搬送波位相も信号レベルの低下とともにサイクルスリップが頻繁に発生しやすくなるので、信号自体は受信できるも

の測位精度は大きく劣化する。

現在、受信信号の積分時間を延伸して、さらに感度を上げる努力がなされているが、GPS 単独での上空が遮蔽された空間における測位には依然として課題が残されている。

参考文献

「GPS/GNSS シンポジウム 2005 テキスト」、日本航海学会 GPS 研究会

表 1 GPS の概要

衛星機数	24機 (4機×6軌道面)
設計寿命	7.5 年
軌道半径	26,561km
周回周期	12 恒星時間 (約 11 時間 58 分 2 秒)
軌道傾斜角	55 °
搬送波周波数	L1=1,575.42MHz (10.23MHz × 154) L2=1,227.6MHz (10.23MHz × 120)
測距信号	C/A code :L1波で送信、民生用に開放、チップ長 :1023、チップ長 :1μs P(Y) code :L1、L2で送信、非公開 (チップ長 0.1μs)
精度	水平10m、垂直方向15m、時刻10ns
受信電力	L1=-124.5dBm(天頂)

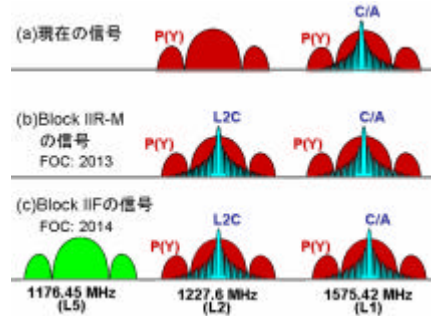


図 1 GPS 電波のスペクトル (縦軸：電力、横軸：周波数)

表 2 GPS の測位誤差要因と誤差の見積もり

誤差源	測距誤差の 1 (m)		
	SPS (L1 only) 現状 民生用	SPS (C/A code on L2 and/or L5)	PPS(L1 and L2) 現状軍用
軌道情報	2.1	2.1(0.2)	2.1
衛星時計	2.1	2.1(0.2)	2.1
電離層伝搬	4.0	0.1	1.2
対流圏伝搬	0.7	0.7	0.7
マルチパス	2.0	1.4	1.4
受信機ノイズ	0.5	0.5	0.5
利用者等価測距誤差 (UERE)	5.4	3.4(1.7)	3.6

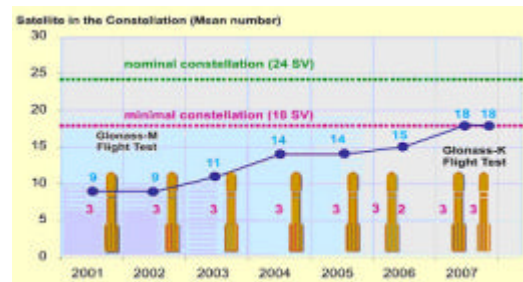


図 2 GLONASS の復活計画

SPS:StandardPositioningService

PPS:PrecisePositioningService

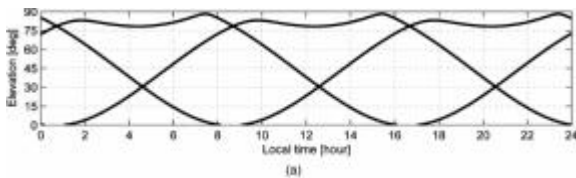


図 3 東京における準天頂衛星の仰角

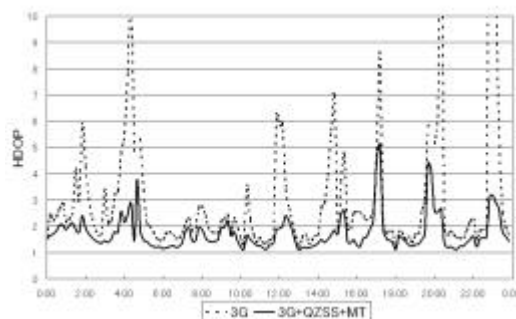


図 4 2010 年の東京における測位精度を表す係数 HDOP の予想。(仰角 45 ° 以上、GPS(30)、GLONASS(11)、Galileo(27)、MTSAT、QZSS)

. 森林内における GPS 利用の問題点とその対策

a. 地形による衛星の遮蔽

問題点

・日本の森林はその大部分が山岳地域に存在するため、特に谷部分では上空が地形により遮断され、開空面積が少なく利用可能衛星数が減ることにより測位チャンスが減ったり、開空部分が一方に伸びる帯状になるため、DOPが悪くなり測位精度が低下する。

対策

・打ち上げが開始された EU による Galileo や、検討中の準天頂衛星など、GNSS 全体の拡充を待つしかないか？

b. 樹木による測位信号の劣化

問題点

・樹冠下での測位では、樹木の幹、枝、葉による信号の連続あるいは断続的な遮断、減衰、マルチパスが発生し、これにより測位チャンスの減少および測位精度の劣化が発生する。

対策

・MTSAT (ひまわり 6 号 + バックアップ衛星) の MSAS 開始によるリアルタイム DGPS 利用。

・超高感度 GPS、アシスト型 GPS (AGPS) などの技術を利用することにより、微弱電波環境下またはごく短時間での測位が可能となり、測位チャンスの増加を図ることができる。ただし、その場合でも測位精度向上に関しては DGPS 等を併用する必要がある。また、森林内のネットワーク環境の整備も課題となる。

c. その他、使い勝手

問題点

・上記 a、b のように林内では衛星信号が遮断、劣化しているため、手持ちの GPS 受信機アンテナでは測位しにくいことが多く、アンテナを高くした方が測位できる可能性が高くなることが多い。そのためには外部アンテナを使用する必要があるが、アンテナケーブルが林内歩行時に枝や下層植生に引っかかり扱いにくい。

対策

・Bluetooth-GPS ユニットを利用することにより、ケーブルの問題は解決する。またこのユニットは小型軽量なため、測竿などにより Bluetooth 電波到達距離 (10m 以内) 程度の高さに上げることができ、測位チャンス増加をねらえる可能性がある。

PDA と BT-GPS による森林調査用デバイスの開発、GPS カメラ

. 森林における GPS 利用法

・GPS の利用目的により要求精度に違いがある。要求精度を明らかにして、測位手法を選ぶことが重要。

・必要とされる精度

地籍測量 > 林道測量 境界測量 全国森林資源モニタリング調査 対象物 (単木など) 位置の記録 動植物の生息調査における位置把握 道案内 (ナビゲーション)

・精度を高くするほど、費用と手間がかかり、GPS のみでの全測点の必要精度達成は林内では難しくなる。

GPS と地上測量の併用が現実的

各種の GPS 測位手法と地上測量手法の組み合わせにより、必要な精度を達成する。

GPS導入までの経緯

- ・丸太価格の低下、森林所有者の高齢化、不在村化などにより、森林所有者の山離れが増加。
- ・それに伴う放置森林の増加が起こる。
- ・森林管理は森林組合が担うべきであるということから、平成12年、GIS・GPSを利用した森林管理システムの構築に着手する。
- ・平成12年、森林組合IT化促進事業によりGISの導入。
- ・平成13年、県の担い手対策事業によりGPSの導入

導入後の取り組み、活用事例

1.山林の路網状況の把握。

- ・車にGPSを装着して、管内の林道、作業路・作業道を計測。
- ・GIS上に路網データを落とすことにより、現在の路網整備状況を正確に把握。
- ・次期路網整備計画のシミュレーションに大いに活用。

2.造林地のデータ収集

- ・植栽した箇所の測量をGPSで行い、路網同様にGIS上にデータを落とす。
- ・正確な造林地の把握とそれに伴う森林簿・森林基本図の修正。
- ・宮崎県からの委託業務である森林資源調査事業の事務作業量が大幅に軽減され、かつ正確性もあがった。

3.森林ナビゲーションとしての試験利用

- ・林小班界をGPSで計測し、その位置データをファイル化して保存。
- ・次回、同森林に行くときに計測してある位置データをGPSにインポートしていく。
- ・現地でGPSで境界を確認しながら、作業の実施や森林所有者に境界の説明を行う。

現時点での問題点

1.衛星電波の受信状況

- ・皆伐地のデータ収集は不具合なく行えるが、やはり山林内でのデータ収集は電波が拾えず、計測できない場合も多い。
- ・衛星の状態に合わせてデータ収集の日程を組まなければいけないので、間伐の測量等補助事業等で利用する場合は、工期に間に合うように綿密なスケジュールを組まなければいけない。

2.誤差率の問題

- ・誤差率が50cmから1mほどあるので、GPSデータの座標をそのまま境界座標とするには無理がある。
- ・現時点では境界杭の併用を勧めているが、費用を抑える面からも、杭なしでも境界情報として利用できるぐらいに、精度が向上するとよい。

3.機動性・使用面

- ・皆伐地での利用には支障がないが、立木内でのデータ収集にはアンテナやケーブルが引っかかり、作業に支障をきたす。又ケーブルの破損も起こる。
- ・長時間の利用にはリュック部分の重量がネックとなり、作業効率が落ちる。
- ・操作部分がPDAベースであり、Windowsとの連携が容易に行えるのは良いが、モニターが透過型液晶を採用している機種ばかりで、日昼屋外での使用時に表示が非常に見づらい。コスト面をクリア

してもらい、反射型液晶の搭載を望む。

4.コスト面

・現在南那珂森林組合では3機のGPSを使用しており、増大も行いたいと考えているが、1台100万程の機材をそう何台も購入する予算は持ち合わせていない。技術の進歩、機材の流通をはかるなどして、コストが10分の1程度になることを望む。

これからの展望

1.森林ナビとしての本格利用

・南那珂地域は2市2町の内、2市が地籍調査が進んでおらず、森林境界が不確定である。
・そのため、現在組合では、森林所有者に対し、長期施業管理契約の推進を行っている。
・GPSで計測したデータや現況写真、資源調査データ等をGISで一元管理。
・将来後継者が訪れたときにも、すぐ山の状況が把握でき、現地に来て行けるシステムを確立したい。

・GPSの増台
・現在3台のGPSをもっと増やしていきたい。
・最終的には現場の班ごとに1台持ち、各現場でそれぞれデータの収集、現地の境界確認などが行えるようにしていきたい。

3.GISと連動した利用方法の拡充・新規事業、サービスの提案

・GPSは単体では位置情報を記憶・表示させるための機械でしかない。
・GPSを利用してどのように現場での作業を効率化させるか、正確性をあげるかを考えて行かなければいけない。
・GPSを利用して収益をあげる部門の設立。

4.オペレータの育成

・職員全員がGPS、GISの基本的操作が行えるようになる。
・測量士、林業技師、森林情報士などの資格も取り、あらゆることに対応できる職員を目指す。

野外調査でのGPSの応用

小谷英司氏（森林総研四国支所）

野外調査でのGPSの応用

森林総合研究所四国支所 小谷英司

1.はじめに
GPSは野外調査で極めて有用な道具である。調査資料の記録のためにはいい、広く、正確に利用できる。とりわけ正確にする必要がある。GPSは、従来の野外調査の方法と比べて、いつの日かどこで位置を、簡単に正確に把握し記録できる。
筆者は、主な研究テーマを、人工衛星や航空機観測のリモートセンシングによる森林の分類評価として、地上調査とリモートセンシングデータ併せて解析するには位置の把握が必要である。このために高精度で正確に利用してきた。
本論文の目的は、この中から、いくつかの事例を紹介し、野外調査でGPSの応用例を示すこととする。ただし、一般的な森林管理に比べて難点も多い。つまり所がわれば品質がわるい。精度と必要性、技術的な点と時間的コストもあわせて説明する。
2.野外調査でのGPSの応用 - 事例紹介 -
事例1: GPSカメラによる四万十川流域写真データベースの作成
事例2: GPSビデオによる森林内映像音響記録再生システムの開発
事例3: GPSとセンサーによる森林内環境計測
事例4: GPSとセンサーによる森林内環境計測
事例5: 携帯型GPSによる森林ナビゲーションシステムの構築

事例1] GPSカメラによる四万十川流域写真データベースの作成
図1: GPSカメラ(Konica LAND master)
図2: 四万十川流域でのGPSカメラ撮影地点(黒丸)
図3: 流域写真データベースの作成
図4: 四万十川流域でのGPSカメラ撮影地点(黒丸)
図5: 流域写真データベースの作成

事例2] GPSとGISで巨木を調査し管理する
図1: 魚沼測天千のGPS測量作業風景
図2: GPS測量結果と三角点からのコンパス測量結果の比較。GPS測量の誤差は、大抵50%以内でランダムである。広大な森林を管理する上では、全く問題のない程度の誤差である。
図3: 立木管理システムの表示例。地図情報、測量情報、属性データベース。写真など、複数のデータを紐結して管理しながら、屋内でも野外でも効率的に作業が出来る。
図4: 巨木調査と管理する森林総研四国支所

事例3] GPSビデオによる森林内映像音響記録再生システムの開発
図1: 森林内映像音響記録システム
図2: GPSによる多行データの映像のリンク
図3: 森林内映像音響再生システム
図4: 森林内映像音響再生システム

事例4] GPSと光センサーによる森林内環境計測
図1: GPSと光センサーによる森林内環境計測
図2: 160mラインでの森林内環境計測結果(夏・夏季, 冬・冬季)
図3: 森林内環境計測

事例5] 携帯型GPSによる森林ナビゲーションシステムの構築
図1: GPSとカンシール3Dの機能と作業全体の仕組み
図2: GPSとカンシール3Dの機能と作業全体の仕組み
図3: GPSとカンシール3Dの機能と作業全体の仕組み

話のあらすじ

1. GIS時代における森林管理のあるべき姿
2. 森林情報 デジタル化の現状
3. GPS研修会 (H17.4.27) の概要
4. GPS内蔵PDAの出先での使用状況
5. 今後の展望

森林GISフォーラム (06/27) 2

あるべき姿(1)

森林GISフォーラム (06/27) 3

あるべき姿(2)

森林GISフォーラム (06/27) 3

GISをキーワードとした富山県林務の現状

森林GISは約10年

とやま水と緑の森づくり検討委員会
県民参加の森づくりGISによる情報提供

森林計画図の地番ポリゴンベクトルデータ先発抽出中

フリーソフトの活用

カシミール3D
Windows版
地図画像表示
GPSと連動

Garmap CE
Windows CE(PDA版)
地図画像表示
GPSと連動

森林GISフォーラム (06/27) 4

カシミール3D(1)

各種地図画像の表示

GPSとの連動

DEMを重ねて3D表示

地図画像25000

1/5,000森林計画図

50mメッシュDEM

1/5,000森林基本図

デジタルオルソフォト

鳥瞰図

森林GISフォーラム (06/27) 4

カシミール3D(2)

ベクトル画データ

地名をバリエーション

地名の切り出し

地すべり指定地(載)

地名(ウェブアップ)

地すべり指定地(載)

リンク(アイコンとxls)

カシミール3D形式

Garmap CE形式

森林GISフォーラム (06/27) 5

カシミール3D用データの整備状況

名称	整備範囲・倍尺など
森林計画図(R)	全県民有林分283枚、市町村単位、1/5千
林班配置図(R)	全県民有林分、1/5万
簡易デジタルオルソ(R)	福光町、沢見市、八尾町、山田村、立山町、市町村管内図、入手可能なもの全て、1/2.5千~1/1万
事務所管内図(R)	全県農地林務事務所分、1/5万
富山県地質図(R)	1/10万
市町村境界(V)	合併前35市町村、H1704、11合併後
地すべり指定地(V)	富山県、石川県分
地すべり地形(V)	地すべり地形分布図データベースより

名称未定の(R)はラスター、(V)はベクトル画データ

森林GISフォーラム (06/27) 5

森林計画図の変換手順

【お絵かきソフト】
紙地図のスキャン

【業務用GISソフト】
地形画像への登録付与
地図画像本体の切り出し
市町村単位での結合
補地(傾斜)連番表への登録
shpmap55への登録

【カシミール3D】
地形画像のオープン
地形画像への登録付与
切り出し領域の指定
地形画像の切り出し

【Garmap CE】
地形画像のロード

森林GISフォーラム (06/27) 6

H1704導入システム(ハード)

平成17年4月に本庁、出先4事務所
で各1台ずつ導入

GPS内蔵 PDAからの主な仕様

機体名	2001E
OS	Windows Mobile 2003 for Pocket PC
稼働時間	12時間(GPS未使用時) 7時間(GPS使用時)
GPS受信機周波数	L1、C/Aコード
測地系	WGS-84
座標モード	CEM2
測距精度	12センチメートル
測距能力	7kmA83.3V
プロトコル	SIRFバリエーション NMEA0183

森林GISフォーラム (06/27) 6

H1704導入システム(ソフト)

カシミール3Dとの
互換性が高い

Garmap CE

NMEA Monitor CE

PDA画面に地図画像が表示しながら、GPSの位置や移動履歴を、表示する

森林GISフォーラム (06/27) 11

(GPS研修会)概要

■日時
平成17年4月27日(水) 10:00~16:00

■場所
林業普及センター及び樹木園

■内容
GPS内蔵携帯情報端末(Mio168)の操作実習

■対象者
農地林務事務所 各班1名(前3名でMio1台を使用)
森林政策課 6名程度()
森林政策課(有峰)

森林GISフォーラム (06/27) 7

(GPS研修会)時間割

■ 10:00~11:00 カシミール3Dの操作実習(林試 小林)

- 基本操作
- ポイントの設置とPOT形式での保存
- Garmapで地図の切り出し

■ 11:00~12:00 Mio168の操作実習(森政 松井)

- 基本操作とGPSの操作
- カシミールで切り出した地図とポイントの転送

■ 13:00~14:30 Mio168の目外での操作実習(小林、松井)

- GPSを持って樹木園で軌跡やポイントを取る
- デジタルカメラでの写真撮影

■ 14:30~16:00 Mio168とカシミール3Dとの連携操作の実習(小林)

- 取得した軌跡、ポイントの転送と表示
- デジタルカメラ写真との連動

森林GISフォーラム (06/27) 13

(GPS研修会)持ち物ほか

■以下の条件を満たすノートパソコン 各事務所1台

- OSはWindows XP(2000以上)が好ましい
- カシミール3D Ver.8.50以上がインストールされていること (旧バージョンの場合はアップグレードしていただく)
- デジタルカメラ(デジタル) カシミアプラグイン、GISツールプラグインがインストールされていること
- プリンタはEpson L810から5万円以下程度
- http://www.kashimira3d.com/kashimira3d.html
- 最新バージョンは最新バージョン(06/27)が対象
- プラグインのインストールやアップデートには管理者権限が必要

■SDカード

- 容量は1GB、PCMCIAカードでも可
- 名前には事務所名を記入してください、USBタイプドライバが必要(有峰、は、は)のソフトはインストールしていただく

■デジタルカメラ、各事務所1台

■事前配布のカシミール3D用林務基本データセットCDの内容をPCのハードディスクにコピーしてください

森林GISフォーラム (06/27) 1

配付資料など

森林GISフォーラム (06/27) 14

PDAの操作説明

森林GISフォーラム (06/27) 9

研修会の様子

森林GISフォーラム(06/27) 17

野外実習の問題と答え

森林GISフォーラム(06/27) 18

A事務所の使用状況

- カシノナガキクイムシによるオウラギ類集団枯損(ケラ枯れ)の被害調査にPDAを執行(林政・普及班)
 - 現場での軌跡の保存(Garmap CE)、事務所でのデジタル画像と軌跡とのリンク(カジミール3D)撮影位置入り地図画像の印刷という一連の作業ができる職員が各
- 林道法面緑化調査での法面の位置決めで使用(林道班)
- 落下によりPDA液晶がひび割れし、修理に1月半要した。
- GPSはH17.4に配付したPDA1台のみ
- 事務所予算での買い増しを検討中
- 管内森林組合が約300万円のDGPS測量システムを導入し、周回測量結果をデジタルオルソと重ね合わせて提出してくる。

森林GISフォーラム(06/27) 19

B事務所の使用状況

- ナラ枯れ調査にPDAを携行し、軌跡を持ち帰っている(林政・普及班)
 - 年度途中からデジタル画像とのリンクができるようになった(1名)
- 林道法面調査に使用(林道班)
- PDA(Mio168)は入門用には良いが、正確な面積を測定可能なGPSシステムも欲しい。

森林GISフォーラム(06/27) 11

C事務所の使用状況

- 遭難防止にeTrexを携行(自然公園班)
- 林道法面調査に使用(林道班)
- 森組職員と行う作業道開設予定ルートの踏査にPDAを携行し、持ち帰った軌跡を森林計画図上に表示してルート上の森林所有者の割り出しに活用(林政・普及班)
 - デジタル画像の撮影位置指定までできる職員1名
- 林務課(林政・普及、治山、自然公園、林道班)でハンディGPS24~5台所有

森林GISフォーラム(06/27) 20

今後の展望

- やってみや、言ってきかせて、させてみや、はめてやらせ、人は動かして(本五十六)
- 事務所でも最低1名は研修内容を実践していることが確認できた。
- 講師が時々様子を見に行く必要あり?
- 調査結果をデジタル形式で提出するよう義務づける?
- 平成18年度もGPS研修会が予定されている
- 何度も繰り返す?
- 事務所単位で研修会を開く?

森林GISフォーラム(06/27) 12

山村部における国土調査の推進について

田中大和氏(富山県林業技術センター)

国土調査の概要

- 国土調査とは・・・
 - 地籍調査(国土調査法第二条5)
 - 土地の各筆毎の所有者、地番、境界、面積、地目の調査
 - 土地分類調査(国土調査法第二条3)
 - 土地の利用状況、自然的要素及び生産力の調査
 - 水調査(国土調査法第二条4)
 - 気象、陸水の流量、水質及び流砂状況、取水量、用水量、排水量、水利慣行等の水利の調査

国土調査の概要

- 地籍調査とは・・・
 - 目的 地籍の明確化
 - 定義 国土調査法第2条第5項
 - 地籍調査とは、毎筆の土地について、その所有者、地番及び地目の調査並びに境界及び地籍に関する測量を行い、その結果を地図及び簿冊に作成することをいう。

人から目撃しない土地境界を把握するため

土地に関する行政の基礎資料
不動産登記への反映

国土調査の概要

- 地籍調査の実施主体
 - ・地方公共団体(都道府県又は市町村)
 - ・森林組合その他の政令で定める者

大飯町森林組合が高橋市で実施中

ほとんども市町村が実施主体

経費の負担(国土調査法第9条の2)

都道府県	1/4
市町村	1/4

国土調査の概要

- 法務局に備え付けられた明治時代に作成された公図
 - 森林計画図
 - 地籍簿

国土調査の概要

- 地籍調査の成果
 - 地籍簿
 - 地籍図

地籍調査の状況

- 地籍調査の進捗状況

	調査対象地域 km ²	H16未実績 km ²	進捗率 %
全 体	286,200	132,543	46
D I D (人口集中地区)	12,255	2,303	19
宅 地	17,793	8,643	49
農 地	72,058	49,422	69
林 地	184,094	72,175	39

地籍調査の状況

地籍調査の進め方

- 地籍調査の作業フロー

```

    graph LR
    A[基本測量] --> B[地籍図原簿測量]
    A --> C[基本測量]
    B --> D[地籍図原簿測量]
    B --> E[地籍図原簿測量]
    D --> F[測量・訂正]
    E --> F
    F --> G[地籍図]
    G --> H[登記簿送付]
    G --> I[市町村備付]
    
```

地籍調査の進め方

- 測量の方法
 - 地上法(地上数値法)
 - GPS測量又はTSによる多角測量
 - 航測法
 - 空中写真測量
- 地籍図根三角測量(2級基準点測量に相当)
 - GPSにより実施されている。
 - 1~3点/km²
- 地籍図根多角測量(3級基準点測量に相当)
 - TSにより実施が殆ど、RTK-GPSも可能
 - 200点/km²(1/500)

地籍調査の進め方

- 地籍細部測量
 - 地籍図根多角点等を基礎として各筆の筆界を測量
 - 細部図根測量
 - 地籍図根測量で設置した図根点等で不足する場合に設置
 - 筆地測量
 - 図根点等を基準にして筆界点の位置を測量
 - 地籍測量の最終工程

地籍調査の進め方

- 地籍図の精度 縮尺区分
 - 調査地域の土地利用状況に応じて6段階に区分
 - 甲一 大都市の市街地 2m (標準偏差)
 - 甲二 中都市の市街地 7m
 - 甲三 上記以外の市街地等 15m
 - 乙一 農用地及び圃場 25m
 - 乙二 山林及び原野等 50m
 - 乙三 山林及び原野 100m
- 作成地域により縮尺が異なる
 - 宅地 1/250又は1/500
 - 田畑 1/1000
 - 山林 1/2500又は1/5000

山村における地籍調査

- 山村部の地籍調査の状況
 - 境界を証言できる人が急減
 - 境界木などの現地の物証が喪失

↓

早急に地籍調査を行う必要性が高まっている。

しかしながら、調査実施主体である市町村の森林に対する関心が低いため、進捗が遅れている状況。

山村における地籍調査

- 山村境界保全事業の実施
 - 山村境界保全事業とは・・・
 - 地籍調査を早急に実施することが出来ない場合、簡易な手法により概ねの筆界を保全(地籍調査の前段階的調査)
 - 山村境界保全事業の実施手法
 - 現地関係者と調整の上、境界のおおよその位置を確認
 - 簡易な測量手法により、境界に座標値を記入(0.05m等間隔)
 - 森林組合等が管理する森林の図面に、座標値により境界の位置を示し、森林境界の現況図を作成

山村における地籍調査

- 事業実施に当たっての問題点
 - DGPS測量の精度管理
 - 谷間ではDGPS情報を取得不可
 - 2-3mの誤差が生じる場合もある

↓

デジタル方位距離計にて対応

- 測量機器への対応
 - 新しい測量システムに対応できる職員の確保

森林の持続的マネジメントのためのGPS利用

吉村哲彦氏(京都大学大学院情報学研究所)

1. はじめに

日本では戦後に造林された人工林の放置が進み、山が荒廃していると言われるような状況にある。その一方で、世界的に見れば特に発展途上国において、森林の伐採による森林減少が著しい。森林に関わる問題は国や地域ごとに異なっており、そのような問題の対応策も国や地域の実情に応じたものが求められている。GPSを利用することによって、このような日本や世界の森林問題を解決できないかと考えているわけであるが、GPSを使ってわかることは基本的にはユーザーの位置でしかない。これだけの情報で森林の持続的なマネジメントを実現するためには、どのようにGPSを利用すればよいのかを考えながら、これまで様々な取り組みを行ってきた。さらに、森林というGPSにとって非常に困難な環境で高精度なGPS測位を実現するための取り組みについても紹介する。

2. 森林の持続的マネジメントのための取り組み

2.1 高精度なGPS測位を実現するための新技術

森林はGPSにとって非常に困難な環境であるが、新たなテクノロジーを搭載したGPSの登場によりがこの問題を解決しつつある。2台のGPS受信機(基地局と移動局)を使って測位精度を高めるDGPSが一般に用いられていますが、複数の基地局のデータを利用したネットワーク型のディファレンシャル処理が今後一般的になると予想される。現時点でこれを実現しているのがTrimbleのH-Starテクノロジーである。この技術を利用したGPS(Trimble Pathfinder ProXH)による測位結果について報告する。一般向けのGPSでもSiRFstarIIIというチップセットを搭載した高感度なGPSが注目されており、これについても簡単に紹介したい。それでもなお、森林の樹冠はGPSの測位精度を低下させる大きな障害であることは間違いない。そこで、軽量で持ち運びが容易な15mのGPSアンテナポール(竹谷商事/竹谷製作所)とPathfinder ProXHを利用してGPSの測位実験を行った結果について報告する。

2.2 森林資源モニタリング調査支援システム

森林資源モニタリング調査という全国規模の森林調査を支援するために、GPSを用いて調査員を安

全かつ効率的にナビゲーションするとともに、調査時のルートや目印などの情報を蓄積するためのシステムを開発した。このシステムは、GPS と PDA を用いた調査員のナビゲーションのためのシステム(DeltaTracer)とデータの蓄積や編集のためのデスクトップパソコンを用いたシステム(DeltaMapper)によって構成されている。DeltaTracer を構成しているのは、GPSMAP76S(Garmin)や iPAQ h3950(HP)といったコンシューマ市場で安価に入手可能な製品である。GPSMAP 76S には電子コンパスが組み込まれているので、GPS の位置や衛星だけでなく方位の情報も NMEA のフォーマットで PDA に送信できる。DeltaTracer のインターフェースは図-2 のようになっており、地図上に現在位置が表示され、過去に目的地に到達した調査員の推奨ルートをたどることができる。また、森林内でのナビゲーションを容易にするために、1/5,000 と 1/25,000 という二種類の地形図を状況に応じて切り替えて使用できるようにしている。さらに、道の分岐点などわかりにくい場所では、調査員の目的地への到達を助ける図-3 のようなイベントが PDA の画面に発生するようになっている。

2.3 森林におけるレクリエーション利用者の移動情報の収集

原生的な自然が残っているとマスコミで宣伝された京都大学芦生研究林では、近年一般利用者の著しい増加に伴って、芦生研究林内にもゴミ、踏み荒らし、トイレ、水質汚染といったオーバーユースの問題が生じている。森林のオーバーユースを防止するための最も有効な方法は、利用者数の継続的なモニタリングであろう。本研究では、GPS を用いた森林利用者のカウントの可能性について調査を行うことにした。広大な森林の中を利用者は等しく利用しているわけではなく、エリアごとの利用頻度には大きなばらつきがある。人間の利用に対する耐性、すなわち「収容力(carrying capacity)」もエリアごとに異なっている。そのため、利用者数のモニタリングは、森林の入口におけるカウントだけでは不十分であり、エリアごとにきめ細かくデータ収集を行う必要がある。そこで、本研究では芦生研究林の入口において、利用者に対して GPS 受信機(Garmin GPS II Plus)の貸し出しを行い、利用者の移動ルートに関するデータを収集した。さらに、GPS のログデータからマルチパスなどにより発生した特異点を除去するとともに、測位ができなかった区間があれば自動で補完し、エリアごとの利用頻度を集計するシステム(FDMapper)を開発した。図-4 はこのシステムのインターフェースである。FDMapper を用いることにより、マルチパスや測位不能といった森林内で GPS を利用する場合の最大の弱点を補いながら、データの自動集計が可能になった。FDMapper を利用して作成した芦生研究林における利用頻度を可視化したものが図-5 である。これによって、芦生研究林における森林利用者のエリアごとの利用頻度が初めて明らかになった。

2.4 熱帯林におけるエコツーリズム支援システム

インドネシアは 1990 年から 2000 年の間に 13,124,000ha の森林を失ったが、その原因は商業伐採、森林火災、焼き畑、オイルパームやゴムのプランテーション開発などである。さらに、インドネシアでは熱帯林の違法伐採も大きな問題になっており、世界各国の協力によって対策がとられているものの未だ問題は解決していない。熱帯林が地域住民の生活に経済的な恩恵をもたらす状況がない限り、違法伐採の問題が解決することもないだろう。熱帯林を持続的に利用するための新たな仕組みがエコツーリズムである。エコツーリズムの理想は、地域住民がガイドや物品販売によって現金収入を得る一方で、そのような現金収入をもたらしてくれる自然環境の保全に積極的に取り組むという仕組みにある。また、エコツーリズムには、観光客が自然環境に対する理解を深めるような教育的なプログラムを提供する仕組みが必要である。そこで、インドネシアにおける熱帯林の役割を楽しく学べるようなエコツーリズム支援システムを GPS (Trimble Pathfinder Pocket) と PDA (TOSHIBA e335) を用いて構築した。さらに、インドネシアの西ジャワに位置するボゴール農科大学グヌン・ワラッ演習林で評価実験を行った。図-6 はコーヒーの木の前で、このシステムを利用する被験者である。帽子の中には GPS アンテナが、ウエストポーチの中には GPS 受信機が格納されている。



図-1 Pathfinder ProXH と GPS アンテナポールを用いた測位実験の風景

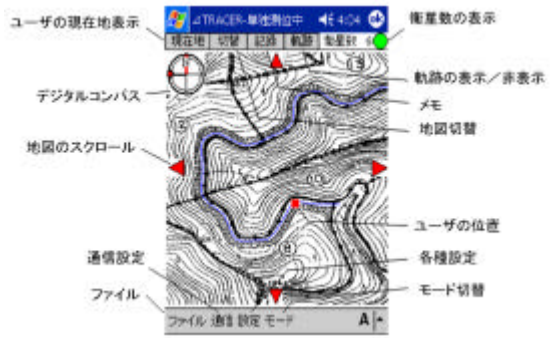


図-2 DeltaTracer のインターフェース



図-3 調査員を誘導するイベント画面

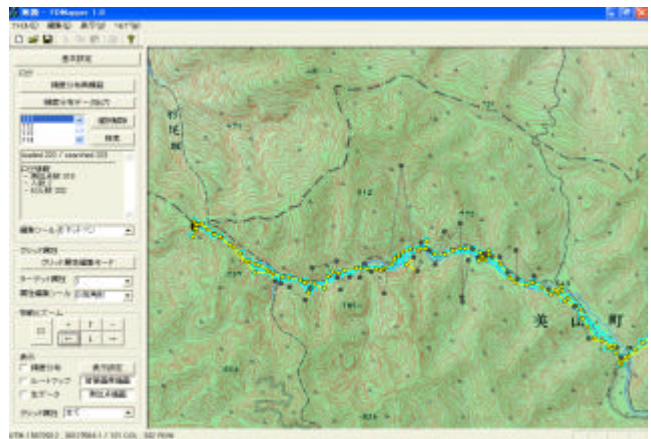


図-4 FDMapper のインターフェース

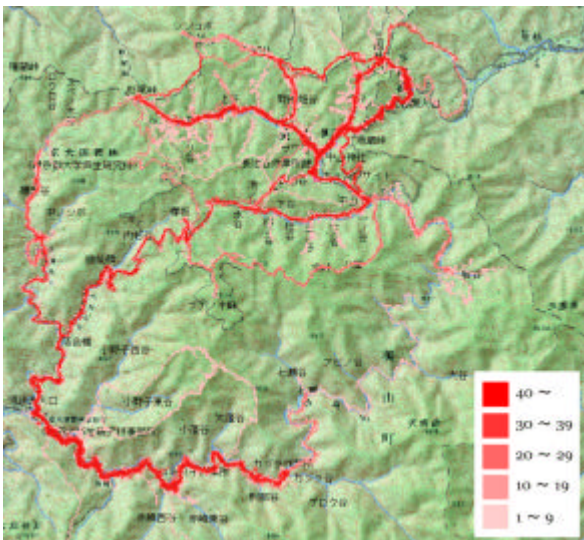


図-5 芦生研究林における利用頻度の可視化



図-6 クイズに答える被験者

「森林GISフォーラム第2回学生フォーラム in 三重」報告

2005年11月2(水)～3日(木) 三重大学生物資源学部

昨年の信州大学における第1回学生フォーラムに引き続き、今回は三重大学での開催となり、学内外から40名ほど参加していただきました。まず賛助会員企業によるデモのあと、加藤正人副会長の司会により以下のプログラムで進行しました。阿部信行会長による開会のあいさつ、開催校松村が、歓迎のあいさつ、辻内真紀氏(三重県環境森林部)による「三重の森林GIS」の話題提供ののち、信州大学伊東宏樹君、和智明日香さん、名古屋大学宮地洋輔君、東京大学中島 徹君、三重大学村松美代子さん、石木沙知さんによる学生発表が行われ、学部生も院生に負けず熱気のかもった発表と質疑が行われました。その後、学生のための賛助会員企業によるプレゼンテーションとして、三宅麻利江氏(パシフィックコンサルタンツ)と横山猶吉氏(東京スポットイマージュ株式会社)の報告があり、企業に対する学生の素朴な質問が飛び出したり、有意義かつ楽しい時間を過ごしました。発表会の後は、美杉村(現在は大学と同じ津市になりましたが)まで、2時間弱移動し、三重大学附属平倉演習林にて、交流会を持ちました。紅葉も良かったですが、地元名産松阪肉と各地の銘酒はもっと喜ばれたようでした。翌日は平倉演習林の周遊道を見学し、約450haの1団地のなか、天然林と人工林の景観を楽しみました。短い時間ではありましたが、森林GISをキーワードに、学部生にとっては日頃他大学との交流も難しいところ、授業とはまた違うフォーラムという経験と交流を持たた貴重な機会となりました。最後に、お忙しい中ご参加、ご発表いただいた三重県の辻内氏、賛助会員企業各氏、設営関係でサポートいただいた平倉演習林万木 豊先生にお礼申し上げます。



写真 - 1 会場風景 三重大学メディアホール



写真 - 2 平倉演習林での集合写真

(重要) Eメールアドレスをご連絡下さい。

情報配信の迅速化、省力化を図るため、今後ニューズレター等をインターネットによる配信に逐次切り替えます。お手順をお掛けしますが、メールによる受信が可能な方は事務局まで、タイトル「FGIS メールアドレス」とし、ご連絡下さい。



< 編集後記 > 今号で現事務局最後のニューズレターです。2年間ありがとうございました。

森林 GIS フォーラム
ニューズレター Vol . 35
発行日 2006 年 4 月
編集人 山本伸幸
発行人 梅沢光一

森林 GIS フォーラム事務局
〒 305-8687 つくば市松の里 1
森林総合研究所 林業経営・政策研究領域
TEL:029 (873) 3211 (ex.639) FAX:029 (873) 3799
E-mail : infofgis@forestgis.jp (山本伸幸)
ホームページ : <http://www.forestgis.jp>