

令和 4 年 8 月 30 日現在

機関番号：33302

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K04644

研究課題名（和文）4機体制が整った準天頂衛星と地上レーザを活用した高精度地形データの作成

研究課題名（英文）Creation of high-accuracy terrain data utilizing QZSS and terrestrial laser

研究代表者

鹿田 正昭 (shikada, masaaki)

金沢工業大学・工学部・教授

研究者番号：50121249

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：研究は2テーマに分けて実施した。地上型レーザの基本特性を明らかにするための基礎的な解析、準天頂衛星を用いた高精度地形データの作成と高精度位置情報の取得である。の応用実験として消波ブロック模型を用いた実験を実施した。消波ブロックと点群数との関係について検討した結果、地上レーザの特性と観測時の問題点について明らかになった。

との応用として、見当識障害者（認知症患者）の「はいかい」による行方不明や事故被害を防止する方法を提案した。準天頂衛星を含む衛星データによる高精度位置情報とレーザ計測による高精度地形データを融合することにより、見当識障害者が徘徊により失踪した場合の捜索に寄与できる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

レーザデータ、衛星データ、地形データなど空間情報工学分野における夫々の技術は単独で用いられることが多い。本研究は高精度な位置情報が取得できる「みちびき」データと、地上型レーザ計測によって得られる高精度地形情報データを融合することにより、空間情報技術の新しい応用分野について検討することにある。最初に、地上レーザの観測特性を把握するため、2種類のモデル実験（平面的な対象物の観測特性と立体構造物の三次元特性）を実施した。

これらの結果を踏まえ、近年、国内でも大きな問題となりつつある見当識障害者（認知症患者）の「はいかい」による行方不明や事故被害の防止に対して空間情報工学を利用する方法を提案した。

研究成果の概要（英文）：The research was divided into two themes. (1) Basic analysis to clarify the basic characteristics of ground-based terrestrial lasers. (2) Creation of high-precision topographical data and acquisition of high-precision position information using the QZSS. As an application experiment of (1), an experiment using a wave-dissipating concrete block model was carried out. As a result of examining the relationship between the wave-dissipating concrete block and the number of point clouds, the characteristics of the ground-based terrestrial laser and the problems during observation were clarified.

As an application of (1) and (2), I proposed a method to prevent the missing or accident damage caused by "haikai" of people with dementia patients. By fusing high-precision position information from satellite data including the QZSS and high-precision topographical data from laser measurement, it is possible to contribute to the search when a person with dementia patients disappears due to wandering.

研究分野：地理空間情報

キーワード：地上型レーザスキャナ BLK360 点群データ 準天頂衛星 衛星画像・位置情報 高精度地形データ
見当識障害者 はいかい事故防止

1. 研究開始当初の背景

平成 19 年に高度空間情報社会を構築・推進するための「地理空間情報活用推進基本法」(以下、基本法)が成立し、基本法に謳われた衛星測位による位置精度の向上と鮮度の向上実現のため、平成 22 年 9 月 11 日に日本版 GPS として常に日本の天頂にあって GNSS 等の測位衛星を補完・補強する準天頂衛星「みちびき」初号機が打ち上げられた。平成 29 年末には 24 時間観測に対応できる 4 機が打ち上げられ平成 30 年 10 月にはデータ配信が開始された。

「みちびき」初号機が打ち上げられた翌年に申請者は「準天頂衛星と GPS を用いたシームレス測位による地図の精度向上および更新技術の構築」で科学研究費(基盤 C)を獲得し研究成果を公表した。

また、国土交通省は 3 次元データを駆使した情報化施工の活用を推進するため、建築分野で利活用が進んでいる BIM(Building Information Model)と 3 次元データを使った情報化施工、構造物を 3 次元化し設計・施工を行う CIM (Construction Information Modeling) など様々な ICT (情報通信技術) 技術の導入や開発を進めてきた。

一方、3 次元点群データを取得する技術である地上型レーザ測量機器の高度化・高性能化により、地形の詳細な 3 次元データが短時間かつ効率的に取得できるようになり、地上型レーザやドローンを用いた計測は災害時(例えば地滑りやがけ崩れ、河川の氾濫など)に人員が近づけない場所での調査等に威力を発揮している。レーザ測量機器を航空機や車に搭載して計測する手法は 2012 年に国土交通省が規程した「公共測量作業規程の準則」に掲載され、測位衛星による位置情報の取得についてはすでに技術的には確立しているにもかかわらず、両技術の有為な点を取り込んだ応用分野の研究は進んでいない。



地上型レーザ測量機

衛星測位(日本版 GPS など)

2. 研究の目的

「衛星測位」および「3 次元レーザ測量」はそれぞれの得意分野での利活用は進んでいるが、当該分野を融合すれば安価で迅速に作成が可能である微細地形を反映した高精度地形情報(例えば、車椅子利用者や高齢者が必要とする凸凹の大きさ 5 cm 以内の地形や出来形管理図など)を作成することもできる。

本研究の目的は、技術的には確立され、それぞれの分野でデータ取得が行われている「衛星測位」と「3 次元レーザ点群データ」を融合した高精度地形情報を作成し、新たな活用分野を開拓すると同時に、測地衛星(準天頂衛星)からの位置情報の取得と高精度地形データを利用することにより、近年、国内でも大きな問題となりつつある見当識障害者(認知症患者)の「はいかい」による行方不明や事故被害を空間情報工学の観点から防止する方法を提案する。

レーザ計測データの特性把握とそれに基づく高精度地形データの作成および GNSS ロガーを用いた測位衛星からの位置情報を活用することにより、見当識障害者の行動パターンを詳細に分類でき、高齢者等が徘徊により失踪した場合の捜索に寄与できることを検証した。

3. 研究の方法

本研究は大きく 2 テーマに分けて実施した。

屋内用レーザスキャナ(BLK360)を用いた計測特性に関する課題

ではレーザスキャナの特性を調査するため、屋内用レーザスキャナ(BLK360)を用いた基礎的な解析を行った。従前の研究では、地上型レーザスキャナ 5 機種用いて実務に近い環境での実証実験および屋外環境下でのモデル実験を実施した。実証実験では複数のレーザスキャナから同一の地点を異なる時期に観測し、機種ごとに存在する観測値の較差や再現性について調査した。モデル実験では、複数のレーザスキャナで同一の対象物を観測し、対象物の距離や傾斜角が観測値に与える影響を調査した(令和元年度日本写真測量学会秋季学術講演会で報告)。

屋内用レーザスキャナ(Leica BLK360)によって観測対象となる対象物の傾斜角や距離を変えながら取得した複数の点群データを用い、最小二乗平面の算出による比較を行ってレーザ計測による平面の特徴を検証した。検証は、「最小二乗平面」「重心の比較」および「第 3 主成分ベク

トルの比較」について行った。

「**最小二乗平面**」: 点群との二乗距離の合計を最小にする平面が最小二乗平面であり、『点群の成す最も確からしい平面』である。この平面の方程式には点群の重心の値と第3主成分ベクトルを用いる。これらの値を計算によって求め、条件を変えて取得した点群データから算出した点群の重心の値と第3主成分ベクトルの値を比較した。なお、比較にはスキャナとの距離方向にあたるY軸、および高さ方向にあたるZ軸の値を使用した。

「**重心の比較**」: 点群の重心は案内ボードの範囲を指定して抽出した点群データの座標値を平均することによって算出した。さらにこの重心の値の標準偏差を算出し、入射角・距離によってどのような変化が見られるか比較した。その結果、対象物の傾斜角が30°の際は標準偏差の値が大きかつ大きければつきが見られた。対象物が垂直に近づくにしたがって標準偏差の値が小さかつ小さくなつた。

同様に距離に関して、10mの場合が最も標準偏差の値が小さく、スキャナとの距離が遠くなるにしたがって標準偏差の値が大きくなることが確認された

「**第3主成分ベクトルの比較**」: 第3主成分ベクトルは重心と同様の範囲を対象として抽出した点群データを用いてMATLABによる主成分分析を実施し、この値から標準偏差を算出して比較した。その結果、対象物の傾斜角・距離ともに標準偏差の値およびばらつきに重心の検討と同様の傾向が確認された。

以上の結果、算出された重心および第3主成分ベクトルの値から観測対象へのレーザの入射角が浅くなるにしたがって、またスキャナと観測対象の距離が大きくなるにしたがって観測結果に影響が出ることが数値的に確認された。

GNSSによる見当識障害者徘徊時の早期発見手法の実証実験

では地方自治体および地元病院を「官」、地域住民（見当識障害者の方）を「民」、プロジェクトを「学」として連携し研究を進めた。自治体から患者の紹介、地元の病院から認知症分野の知見を提供してもらい、地域住民の方の協力を得て実験を実施した。

GNSSを用いた徘徊事故の防止策の提案および実証実験を行った。その結果、徘徊事故の防止策としてGNSSロガー（以下、ロガー）やスマートフォン（以下、スマホ）を使用した手法を提案した。事前にスマホやロガーを用いて対象者の行動経路を取得し、集積されたデータをもとに行動分析を行うことで失踪時の発見、徘徊行動の目的の特定に役立てる。ロガーは小型で移動経路を記録することができ、専用ソフトにより記録した移動経路を地図上に表示することが可能である。また、数千円～数万円と安価で販売しており、既存の高額な費用を要する検索サービスと比べて費用を安くすることができる。さらに、スマホは高齢者の所有率が年々増加しており、徘徊事故防止策として期待できる。

先行研究として、岸本(2019)によりロガーおよびスマホを用いて行方不明者を推定する手法の実証実験および精度検証が行われた。

その結果、ロガーとスマホに受信精度に大きな差が見られず、行動経路を捉えるのに十分であることが検証された。また、実証実験として健全な高齢者を対象とした被験者実験が行われた。これにより、本手法が徘徊行動の見られる高齢者の特徴を確認できることも同様に確認された。

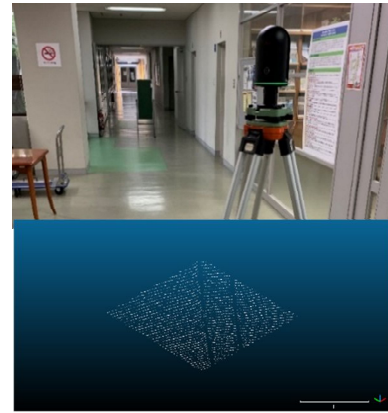
実験では各機材の建物内の位置情報の取得状況を検証した。その結果、スマホはロガーに比べて建物内の位置情報が取得しやすく、建物内の大まかな位置推定が可能であることが分かった。

4. 研究成果

上記の および に関する研究成果は以下の通りである。

屋内用レーザスキャナ(BLK360)を用いた計測特性に関する課題

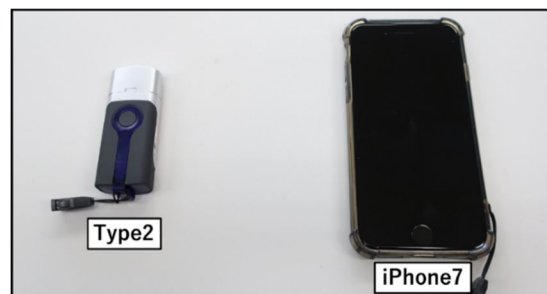
レーザスキャナの基礎的な特性に関する実験・検討を行った。研究成果として、取得された点群データから最小二乗平面を求めることにより、レーザスキャナの捉える平面に差異が見られるかの比較検証を行った。その結果、異なる機種で計測した場合は機種ごとに微小な差異が認められるものの、測量結果に支障が出るような大きな差異は見られないことが分かった。またこれ



レーザ計測機BLK360と点群データ

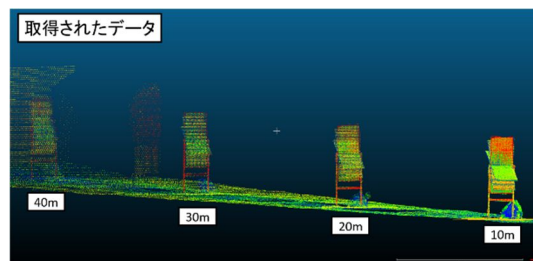


見当識障害者事故防止ワーキンググループの概要



実証実験に使用したGNSSロガーとスマートフォン

に関しては、一般的には実務におけるレーザ測量業務では同じ場所を同じ時刻に異なる企業が計測するケースは発生しにくく、本研究で意図的に発生させた『複数のレーザスキャナが同じ地点から同じ場所を同じ時間帯に計測する』状況は非常に特殊であると考えられる。今回この特殊な条件下での計測・比較検討で機種ごとの差異の存在を認めたと、通常の測量における1機種ごとの計測であればすべての計測において同じだけ真値との差異が生じるため、最終的には差異が打ち消され、存在しないこととなる。よって、実務の上では正確な計測・精度の確保に関して問題がないと考えられる。さらに、計測時期が異なる場合でも同一の観測点から計測を行えば点群データが一致する傾向が見られ、データの再現性を確保できていることが分かった。2019年の実験は点群データの再現性を確認する目的で2018年と時期、天候などの条件を合わせて実施されたものであるため、再現性の確認を行うことが出来たことで目的の一つは達成されることとなったと考える。



モデル実験で得られた点群データの例

また、点群の重心を算定し、4級基準点との標高値を比較して較差の有無や較差が存在した場合の機種ごとの差異・傾向を比較検証した結果、5機種目のレーザスキャナのうち4機種が実測された標高より高い計測結果を示す不安定な計測傾向が確認された。これに加えて、屋外・屋内の両モデル実験のデータより、スキャナとの距離が大きくなることによりZ軸方向の値が不安定に変動する傾向が確認され、距離・対象物の傾斜角によってレーザスキャナが計測する標高値が正確に計測できなくなる影響を受けると考えられる。

モデル実験では、屋外で実施した実験からスキャナと対象物の距離が遠くなるにしたがってZ軸方向の値が全スキャナとも不安定に、かつスキャナごとの計測値の較差もともに大きくなる傾向が見られた。さらに、対象物の傾斜角が90°から30°に向かって浅くなるにしたがってスキャナごとの較差が大きくなり、浅い傾斜角ではどのスキャナでも安定した計測が行えていない傾向が見られた。これらはBLK360を用いた屋内でのモデル実験でも同様の傾向が確認され、距離の延長に伴ってZ軸方向の値が不安定となり、また傾斜角が浅くなるにしたがって標準偏差が大きくなり、傾斜角が大きい場合は正確な計測が行えない傾向を示した。『複数の地上型レーザスキャナで観測した場合』および『単一の機種で複数回観測した場合』ともに同様の傾向が見られ、これはレーザスキャナの持つ特性の一つであると考えられる。

また対象物表面の材質については、その違いにより計測可能な傾斜角の限界値に大きな違いが見られ、レーザスキャナのデータ取得は対象物表面の材質に影響されることが数値的に判明した。実験結果より案内ボードでの計測の限界値が37°であることが判明し、これは従前の実験の際に『傾斜角60°までは対象物の形状が判明する程度の点群データを取得することができるにもかかわらず、傾斜角30°では全くデータが取得できていない』という事象に対する説明になると考える。また、対象物の色に関して、『材質が同じで色のみ異なる』という条件だった白色プラスチックダンボールおよび黒色プラスチックダンボールの間で顕著な差が見られた。

白色プラスチックダンボールの計測可能範囲を100%とした場合、黒色プラスチックダンボールの計測可能範囲はその9.7%に留まった。レーザスキャナはレーザ光を用いて計測を行う機器であるため、レーザ光を強く反射する白色の対象物とレーザ光を吸収する黒色の対象物では計測結果が対照的であることが予測されたが、この実験結果から非常に大きな差が確認された。また、距離の変化に関しては材質・色による違いは見られず、本研究に用いたすべての材質について同様の傾向が見られた。

これらの実験から、様々な状況下で取得された多数のデータを比較検討し、レーザスキャナの有する計測特性について把握することができた。複数のレーザスキャナを用いた計測の実施や、得られた点群データの比較検討から共通する傾向が見られたことが本研究で最も注目すべき点である。実際の測量計測の中で「言われていること」を複数の実験から確認し、数値的に示すことができたことは重要な成果であると考えられる。

レーザスキャナを用いた計測は今後さらに重要になると考えられ、今以上に多様な条件下でレーザ計測が行われることが考えられる。本研究成果は、今後のレーザスキャナを用いた測量業務の効率化に寄与するものと考えられる。

GNSSによる見当識障害者徘徊時の早期発見手法の実証実験

研究ではGNSSロガー（以下、ロガー）とスマートフォン（以下、スマホ）を用いた認知症患者の早期発見手法を提案した。研究目標として、本手法を用いて患者の早期発見および徘徊事故の減少などを目指し、提案した手法が効果的であるかどうかを実験によって検証した。

認知症患者の早期発見手法として、ロガーやスマホを使用した手法を提案した。まず、第一段

階として、ロガーおよびスマホを用いて高齢者の移動経路を取得し、移動経路の特徴を確認する。次に第二段階として、確認した特徴から精神医学の医師と行動分析を実施し、分析結果を研究目標の達成に役立てる。本手法を用いて、高齢者の健康状態の確認および被験者の移動経路を分類し、認知症と徘徊する患者の早期発見を行う。高齢者の健康状態を確認して認知症を早期発見し、認知症の悪化を遅らせ、徘徊の防止を行う。また、徘徊する患者を早期発見することで徘徊による事件や事故を未然に防ぐ。これらは徘徊による事故や事件の減少などにつながる。本手法は地理空間情報分野(以下、技術分野)と精神医学分野(以下、医学分野)に分けられる。第一段階が技術分野、第二段階が医学分野を指す。



GNSS ロガーとスマホで得られた被験者の行動履歴

実験では3名の高齢者を被験者とした実証実験(以下、被験者実験)を行った。ここでの高齢者は、「認知症域には達していない高齢者」を指す。実験ではスマホ又はロガーを用いて被験者の徘徊行動を取得し、移動経路の特徴を確認した(技術分野)。確認した特徴より、地元の医師(以下、医師)と行動分析を実施し、分析結果を用いて健康状態の確認や被験者の移動経路の分類が可能かどうかについて検討を行った(医学分野)。

被験者実験より、提案した手法を用いて、被験者の健康状態が確認でき、被験者の移動経路を分類することができた。以上の結果より、移動経路の特徴を確認して医師と行動分析を行うことにより、被験者の健康状態を確認、移動経路を分類することができた。また、健康状態の確認や患者の検索に便利なデータベースを作成することもできた。健康状態を確認することで高齢者の認知症を早期発見が可能となり、移動経路の分類結果から徘徊時の目的地を推定でき、認知症患者の検索時に役立つと考える。また、移動経路以外にも医師と共同でHDS-Rの結果や慢性疾患の症状、生活環境などの被験者の情報を確認することで、被験者の認知機能のある程度推定することができた。さらに、被験者の健康状態および移動経路の特徴から健康指標を作成することができた。健康指標を用いることで、被験者以外の高齢者の健康状態が確認できると考える。認知症を早期発見し、徘徊時の目的地を推定することで徘徊による事件や事故を未然に防ぐことができ、研究目標は達成できたと言える。

以上、総合的な研究成果として、レーザデータ、測位衛星データ、地形データなど空間情報工学分野における夫々の技術は単独で用いられることが多いが、本研究では高精度な位置情報が取得できる日本版GPS「みちびき」データと、地上型レーザ計測によって得られる高精度地形情報データを融合することにより、空間情報技術の新しい応用分野について検討することができた。これらの結果は、近年、国内でも大きな問題となりつつある見当識障害者(認知症患者)の「はいかい」による行方不明や事故被害の防止に対して空間情報工学を利用することができることを示したと言える。

引用文献(研究成果)

- 1) On the basic research of data analysis for Terrestrial Laser Scanner, ACRS2019 The 40th Asian Conference on the Remote Sensing, 2019
- 2) 地上型レーザスキャナのデータ特性に関する基礎的研究、日本写真測量学会 令和元年度秋季学術講演会論文集、2019
- 3) 屋内用レーザスキャナ(BLK360)を用いた計測特性に関する研究、日本写真測量学会 令和2年度秋季学術講演会論文集、2020
- 4) Yoshiyuki Takumi, Masaaki Shikada, Riwa Nakamoto, Hidenobu Kanda : Demonstration experiment for the early detection method of wandering dementia patients by using GNSS -Probability of a positional estimation by GNSS which examinee has in indoor -. 2020, The 41st Asian Conference on Remote Sensing (ACRS 2020), Abstract ID:244
- 5) 宅美佳幸, 鹿田正昭, 中本理和, 神田英信 : GNSS による見当識障害者徘徊時の早期発見手法の実証実験, 日本写真測量学会 令和3年度秋季学術講演会発表論文集, 2021, pp.77-80
- 6) Yoshiyuki Takumi, Masaaki Shikada, Riwa Nakamoto, Hidenobu Kanda : Demonstrational experiment for the early detection method of wandering dementia patients by using GNSS. 2021, The 42nd Asian Conference on Remote Sensing (ACRS 2021), Paper ID: ACRS21_030

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Yoshiyuki Takumi , Masaaki Shikada,Riwa Nakamoto and Hidenobu Kanda	4. 巻 1
2. 論文標題 Demonstration experiment for the early detection method of wandering dementia patients by using GNSS	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The 40 the Asian Conference on the Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 65-66
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 M.Washikita and M.Shikada	4. 巻 Thp
2. 論文標題 On the basic research of data analysis for Terrestrial Laser Scanner	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The 40 the Asian Conference on the Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Yoshiyuki Takumi, Masaaki Shikada, Riwa Nakamoto and Hidenobu Kanda	4. 巻 Vol.1
2. 論文標題 Demonstrational experiment for the early detection method of wandering dementia patients by using GNSS. 2021	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Asian Conference on Remote Sensing (ACRS 2021),Paper ID: ACRS21_030	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 鷲北昌則、鹿田正昭
2. 発表標題 屋内用レーザーキャナ（BLK360）を用いた計測特性に関する研究
3. 学会等名 日本写真測量学会令和2年度秋季学術講演会論文集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宅美佳幸、鹿田正昭、中本理和、神田英信
2. 発表標題 GNSSによる見当識障害者徘徊時の早期発見手法の実証実験
3. 学会等名 日本写真測量学会令和2年度秋季学術講演会論文集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鷺北昌則、鹿田正昭
2. 発表標題 地上型レーザスキャナのデータ特性に関する基礎的研究
3. 学会等名 日本写真測量学会令和元年度秋季学術講演会論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宅美佳幸、鹿田正昭、中本理和、神田英信
2. 発表標題 GNSSによる見当識障害者徘徊時の早期発見手法の実証実験
3. 学会等名 日本写真測量学会 令和3年度秋季学術講演会発表論文集
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------