

GNSS（GPS）による森林測量の現状と課題



島根大学生物資源科学部 吉村哲彦

世界の衛星測位システム

かつては米国が運用しているGPSが世界で唯一の衛星測位システムだったが、現在ではロシア、EU、中国、インド、日本が独自の衛星測位システムの運用している。

米国: GPS
ロシア: GLONASS
EU: Galileo
中国: BeiDou
インド: NavIC
日本: QZSS

SBAS

衛星測位システムを補強するSBAS（Satellite Based Augmentation System）と呼ばれる静止衛星システムも運用されている。

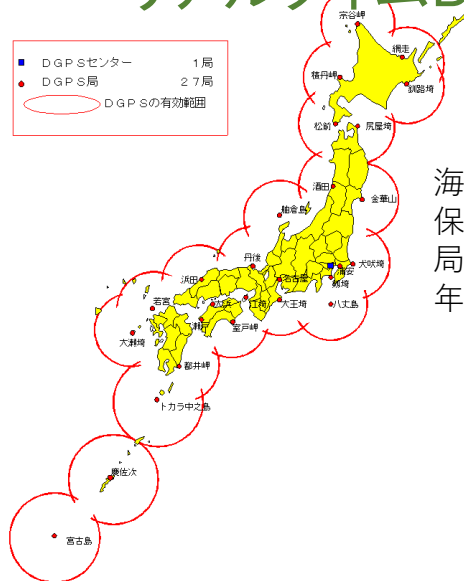
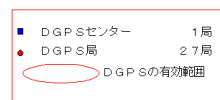
米国: WAAS

EU: EGNOS

日本: MSAS（準天頂衛星が引き継ぎ）

インド: GAGAN

リアルタイムDGPS



海上保安庁が、航行船舶の安全を確保するために、全国27カ所にDGPS局を配置し運用していたが、平成31年3月1日に終了した。

GNSS

これらの衛星測位システムの総称として、GNSS（Global Navigation Satellite System）という言葉が使われるようになった。最近は「GPS受信機」ではなく「GNSS受信機」と言われることが多くなっている。

マルチGNSS

マルチGNSSは、米国、ロシア、EU、中国、インド、日本などのGNSSを同時に使用する技術である。利用可能な衛星数・信号数・周波数の増加に伴い、様々な分野で信頼性・安全性の付加、利用範囲の拡大、精度改善といった効果が期待されている。

GNSS View



「GNSS View」というアプリ（Android/iOS）を使うと上空にどの衛星があるかが視覚的にわかる。Web版もある。

GNSS View Web版:

<https://app.qzss.go.jp/GNSSView/gnssview.html>

準天頂衛星システム（みちびき）

(QZSS: Quasi-Zenith Satellite System)

準天頂衛星システムは、準天頂軌道の衛星が主体となって構成されている日本の衛星測位システムのことで、英語ではQZSS（Quasi-Zenith Satellite System）と表記される。2018年11月より4機（準天頂軌道3機、静止軌道1機）での運用が行われており、2024年度には7機での運用が予定されている。



準天頂衛星システムの特徴

日本には、高層ビルが立ち並ぶ都市部や、山間地では空が広く見えないために、低仰角の衛星からの信号を受信するのが難しく、GNSSによる測位（位置の測定）が困難な場所が多くある。

この問題を解決するには、新たな測位衛星を**高仰角**で観測できる軌道に配置すればよい。準天頂衛星システムの信号は高仰角から地上に届く。

みちびきの軌道は8の字型

この軌道によって高仰角が実現している

みちびきの軌道



みちびきの軌道の動画

<https://www.youtube.com/watch?v=7w9j9qallmQ>

みちびきの主な機能

1. GPS補完（補完信号）

米国のGPSと同等の信号を天頂方向から送信することで、特に高層ビルの谷間や森林内での測位が容易になる。このような困難な環境下では、受信可能な衛星数が増えて測位が安定するとともに、測位精度の多少の改善も見込まれる。

みちびきの主な機能

2. GPS補強（補強信号）

補正情報を送信することで、あらゆる場所で測位精度を向上する。みちびきには「サブメートル級測位補強サービス」と「センチメートル級測位補強サービス」がある。測位衛星の数が100を超える現代では、みちびきに期待される機能としては、こちらが本命と言える。

みちびきの問題

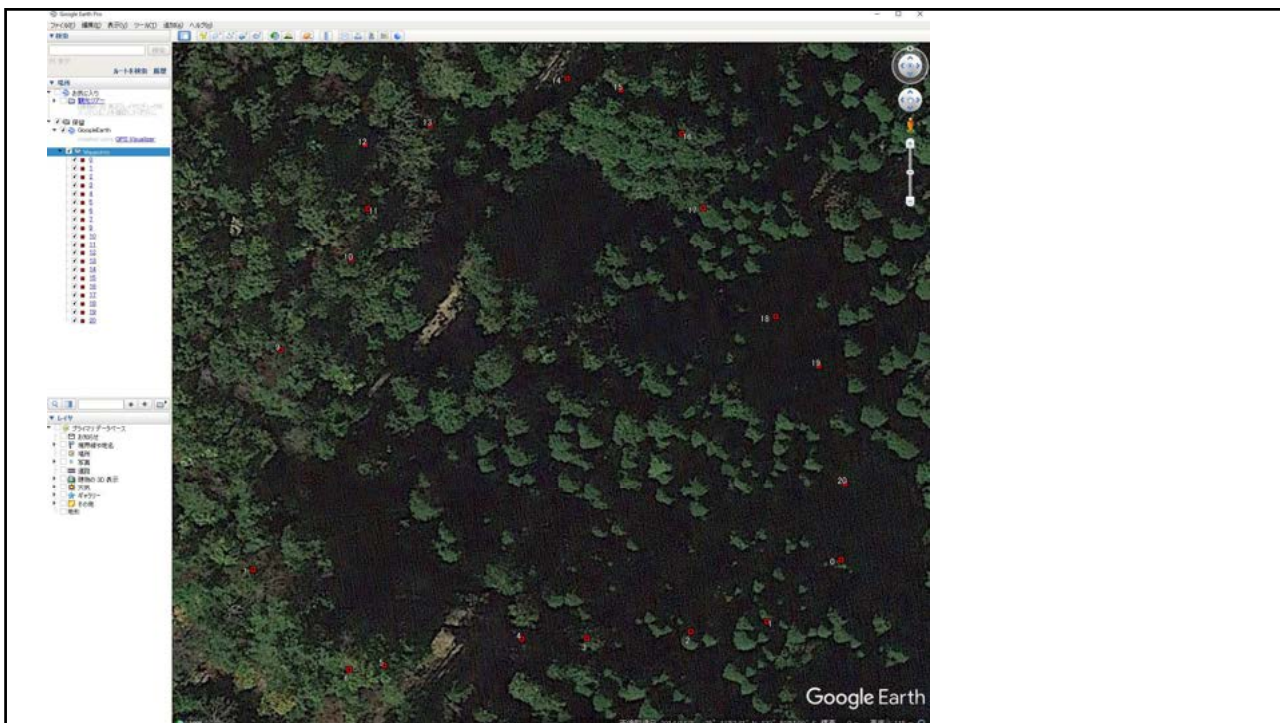
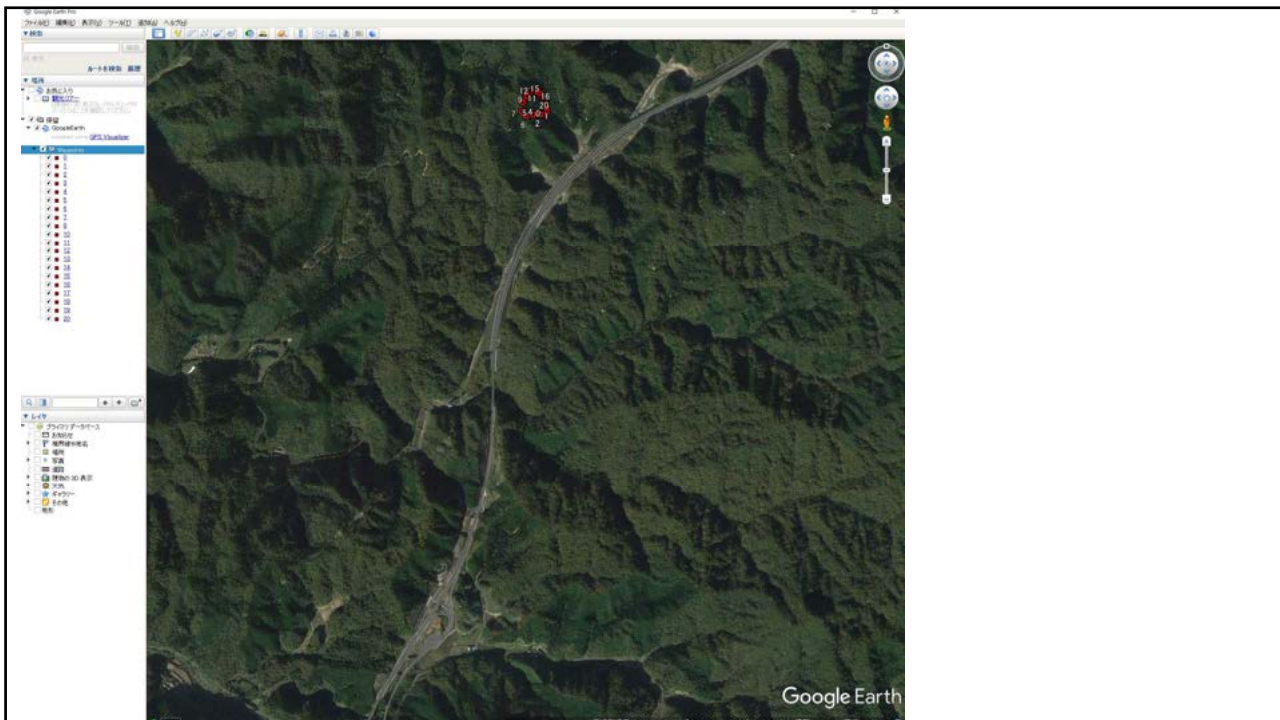
準天頂システムが計画されていた頃は、ほぼ米国のGPSしか利用できなかったのですが、高仰角方向の衛星の増加が切望されていたが、測位衛星の数が100を超えるマルチGNSS時代の現代では、その必要性は大きく低下している。つまり、**衛星測位分野における時代の変化（中国の台頭などグローバル規模の技術革新）に計画が遅れを取っている。**

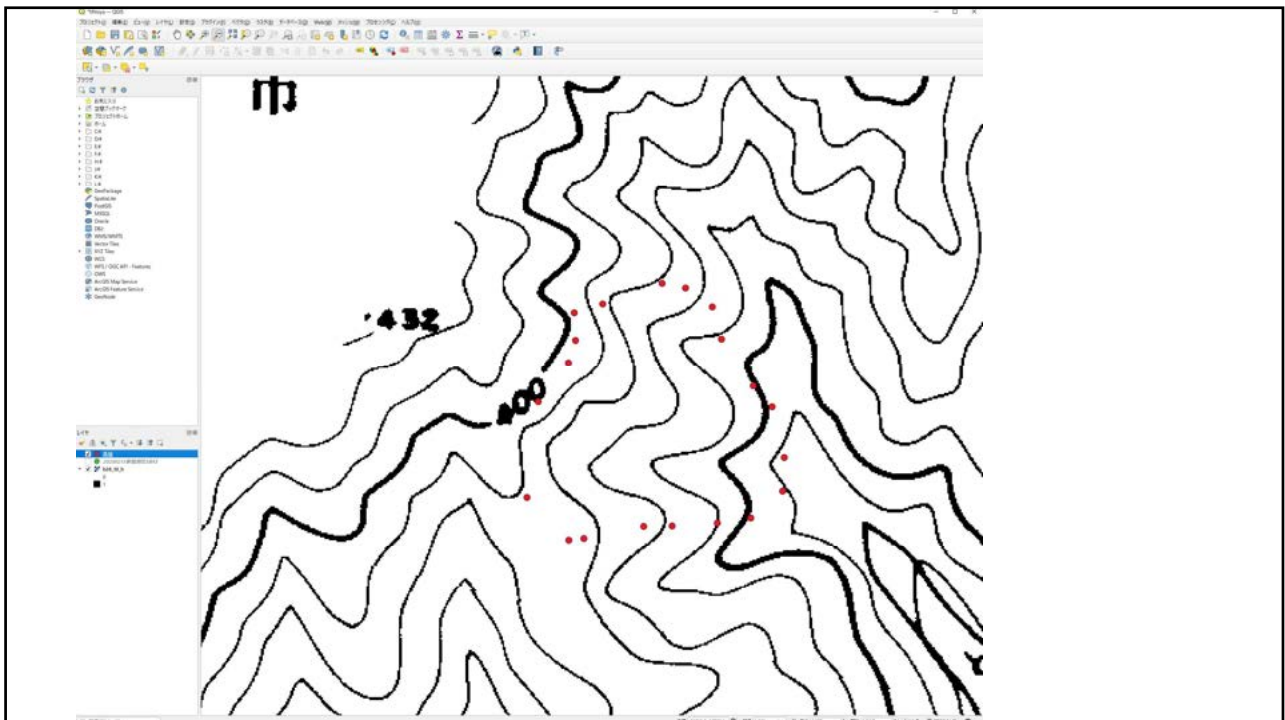
日本政府やマスコミ
が報道しない真実

「みちびき」に期待されていたことは、
「みちびき」がなくても実現できるよう
なってしまった。「みちびき」を活用しな
いと税金が無駄になってしまう。

調査地の概要

島根県三刀屋町雲南市中野
488林班イ小班
スギ（H30植栽、1000本/ha）
傾斜：約 度





調査方法

2周波GNSS受信機（Trimble NetR5）とトータルステーション（TJMデザインGPT-3105F）を用いて、21の測点の真の座標値を計測した。※そのうち1点は土砂崩れで消失した。



調査方法

Trimble Geo 7Xを使って、手持ちによる測量（単独測位、SBAS補正、後処理DGNSS）を行った。



調査方法

OPPO Reno A（GPS, GLONASS, Beidou, Galileo対応）とAndroidアプリ「GPS Logger」を使って、手持ちによるGNSS測量を行った。



調査方法

ポケットコンパス測量器を用いて周囲測量を行った。下げ振りを使用しなかった。

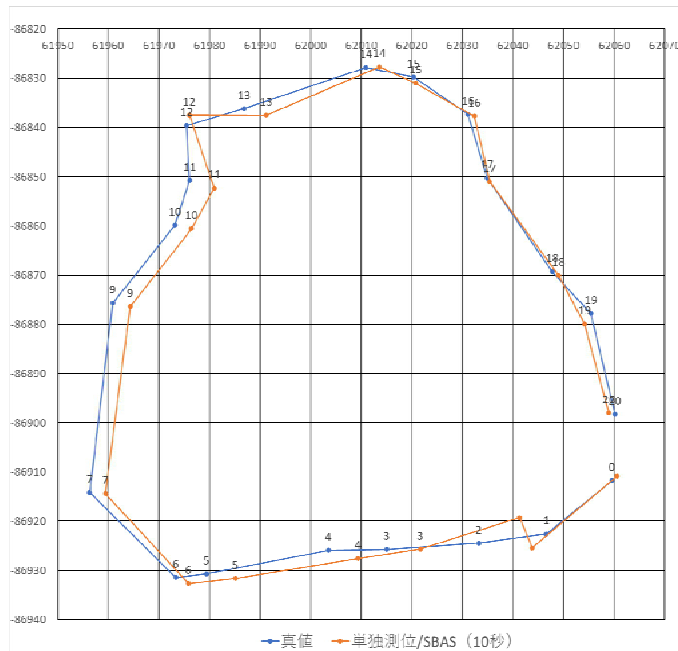


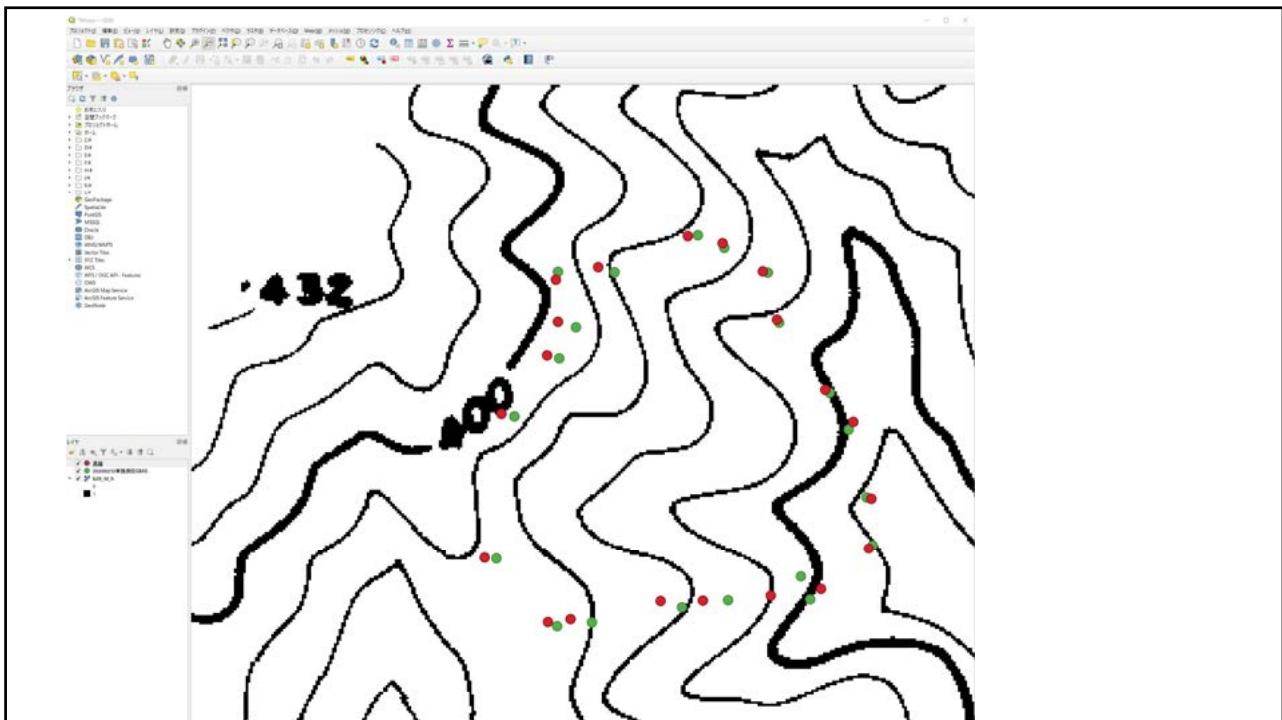


GNSS測位 (Geo 7X) の結果

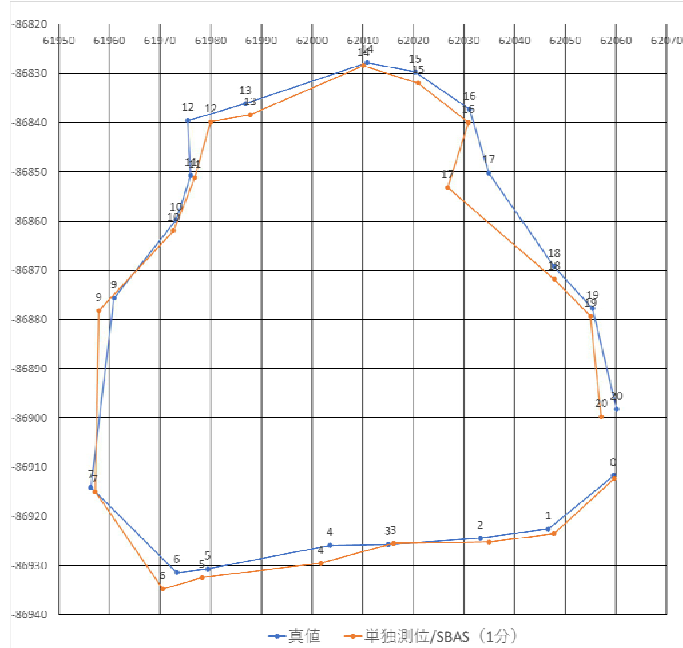


真値 対 単独測位/SBAS (Geo 7X + ARUQによる10秒測位)

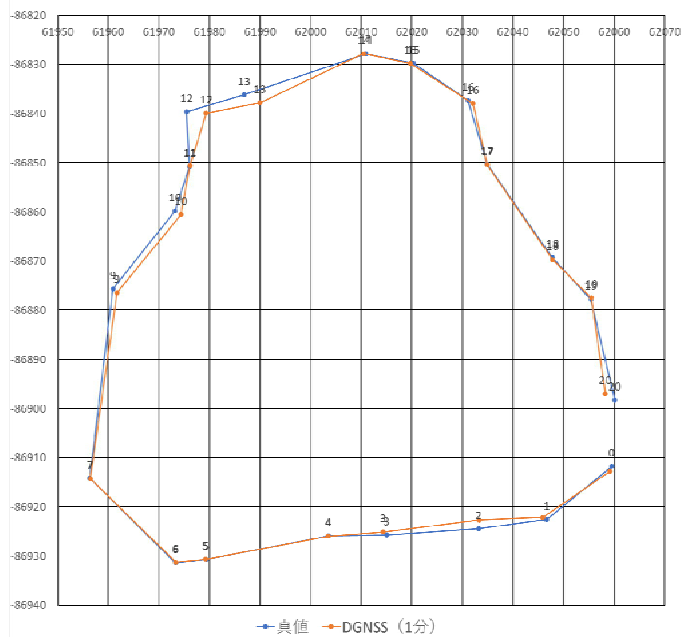




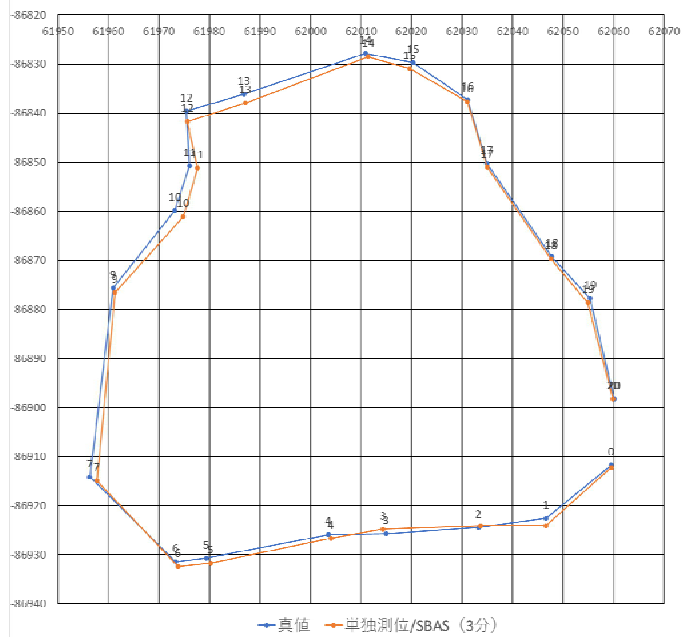
真値 対 単独測位/SBAS (Geo 7Xによる1分測位)



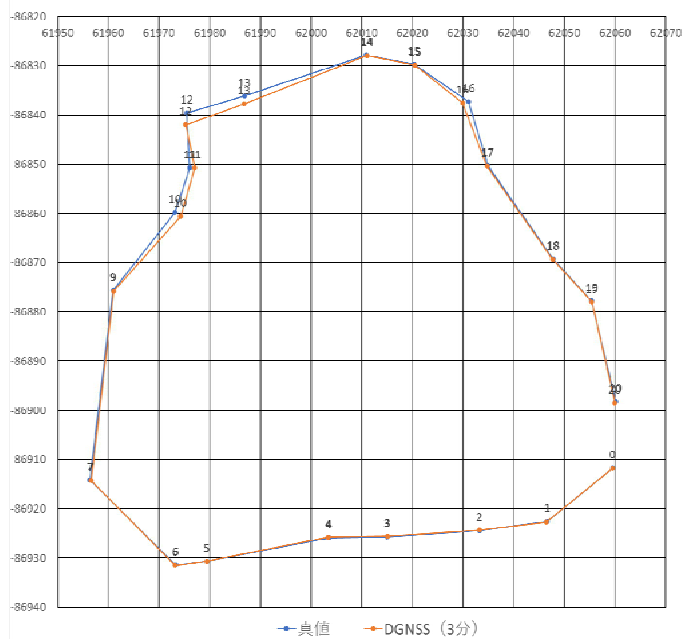
真値 対 DGNSS (Geo 7Xによる1分測位)



真値 対 単独測位/SBAS (Geo 7Xによる3分測位)



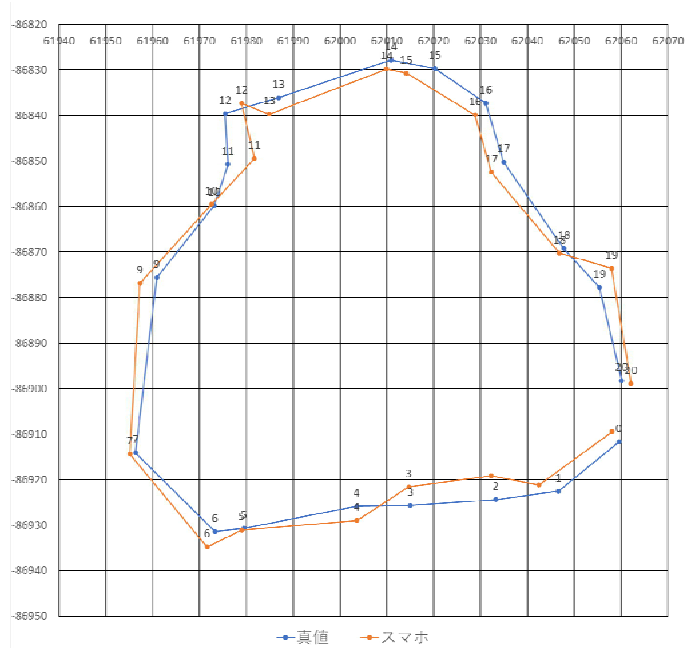
真値 対 DGNSS (Geo 7Xによる3分測位)



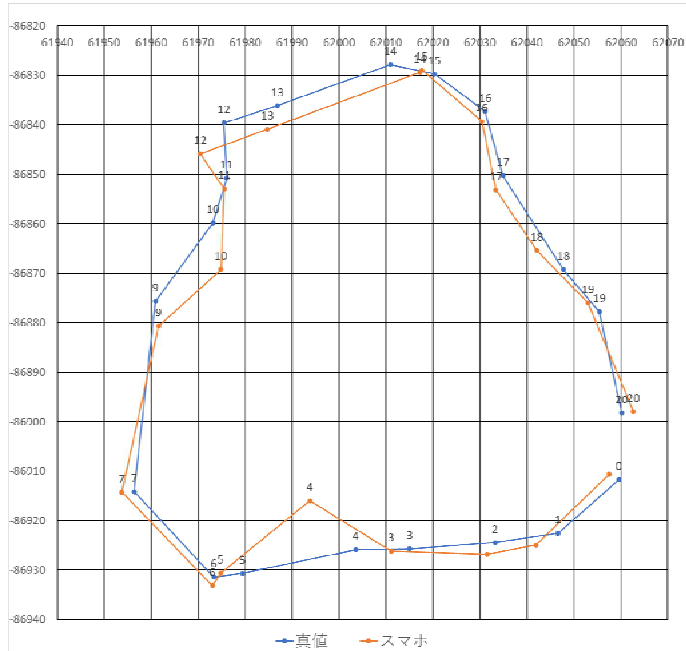
GNSS測位 (スマホ) の結果



真値 対 スマホ (Reno Aによる1分測位、1回目)



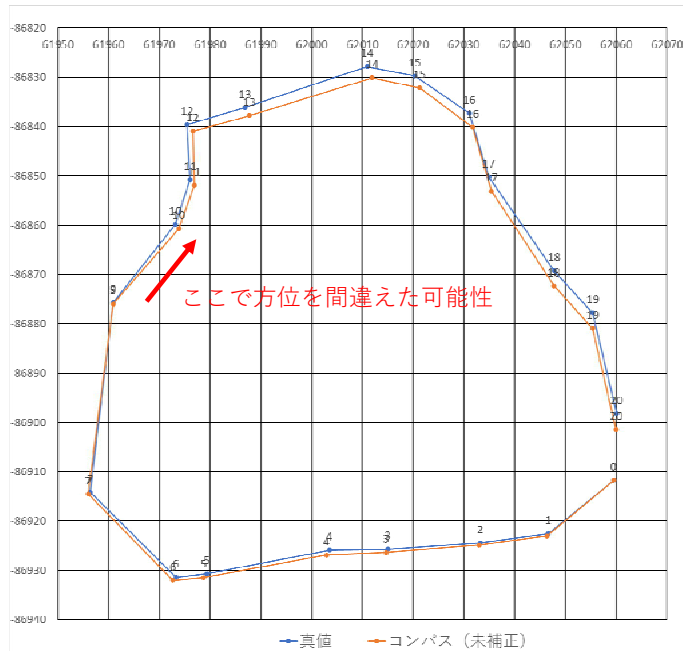
真値 対 スマホ (Reno Aによる1分測位、2回目)



コンパス測量の結果



真値 対 ポケットコンパス (未補正)

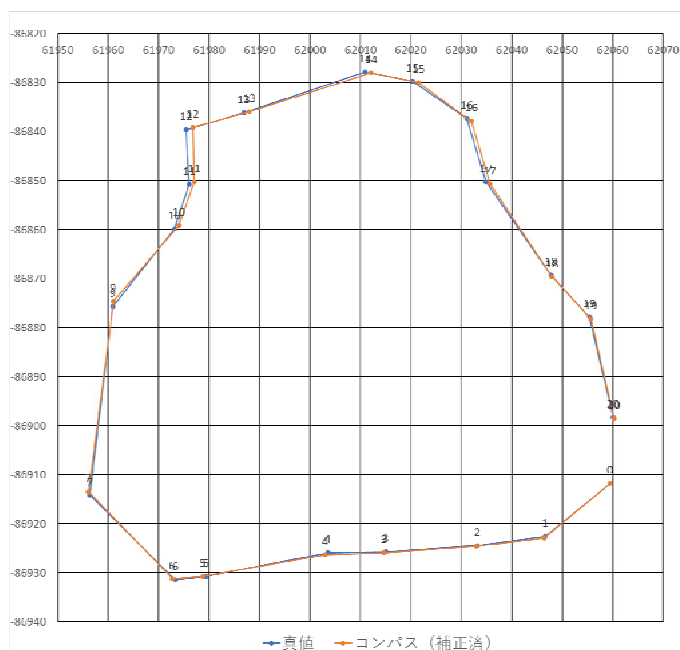


閉合誤差と閉合比

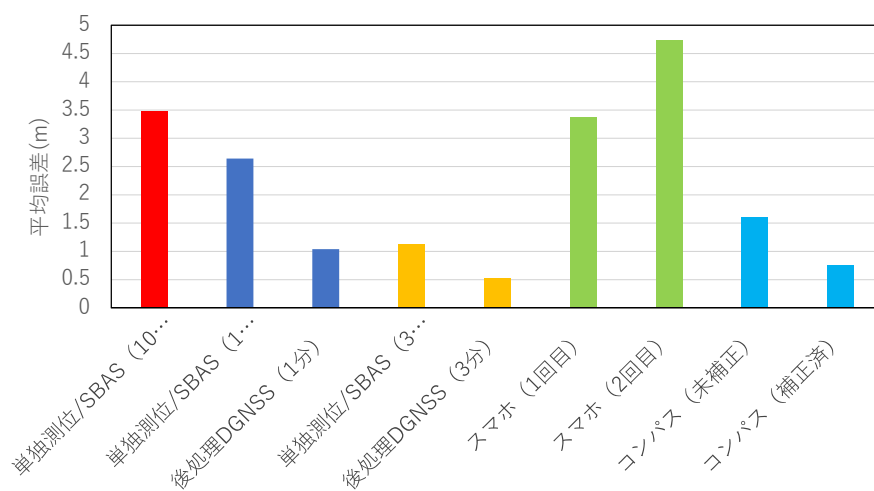
コンパス測量の閉合誤差は3.06mであり、周囲長337mに対する閉合比1/110であった。

閉合誤差により精度を検証できることが、GNSS測量に対するコンパス測量の最大の優位点である。

真値 対 ポケットコンパス (補正済)



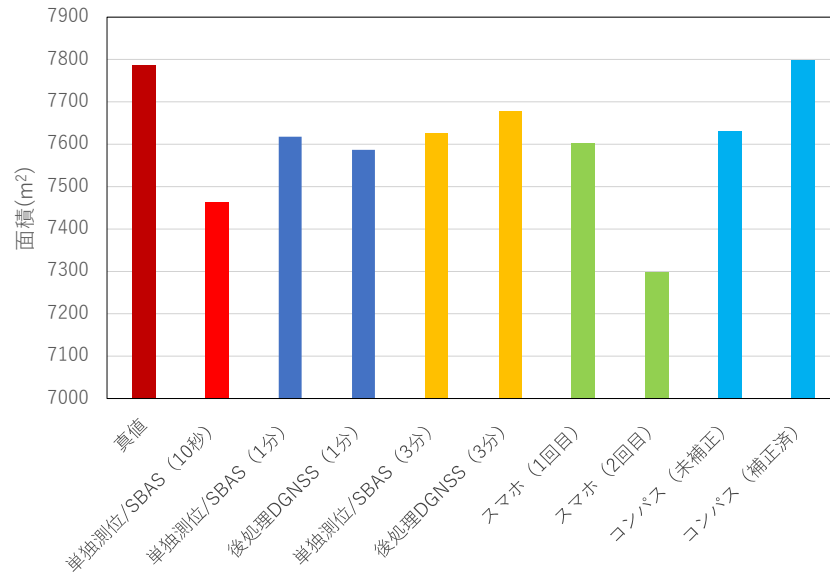
測位精度の比較



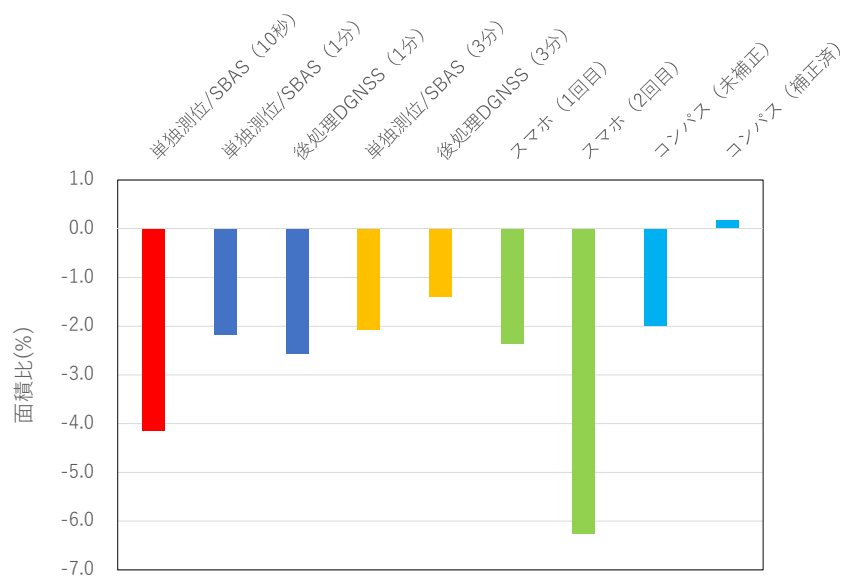
測位誤差によるベスト3

1. 後処理DGNSS (3分)
2. コンパス (補正済)
3. 後処理DGNSS (1分)

面積の比較



面積比の比較



作業効率と労務負担の評価

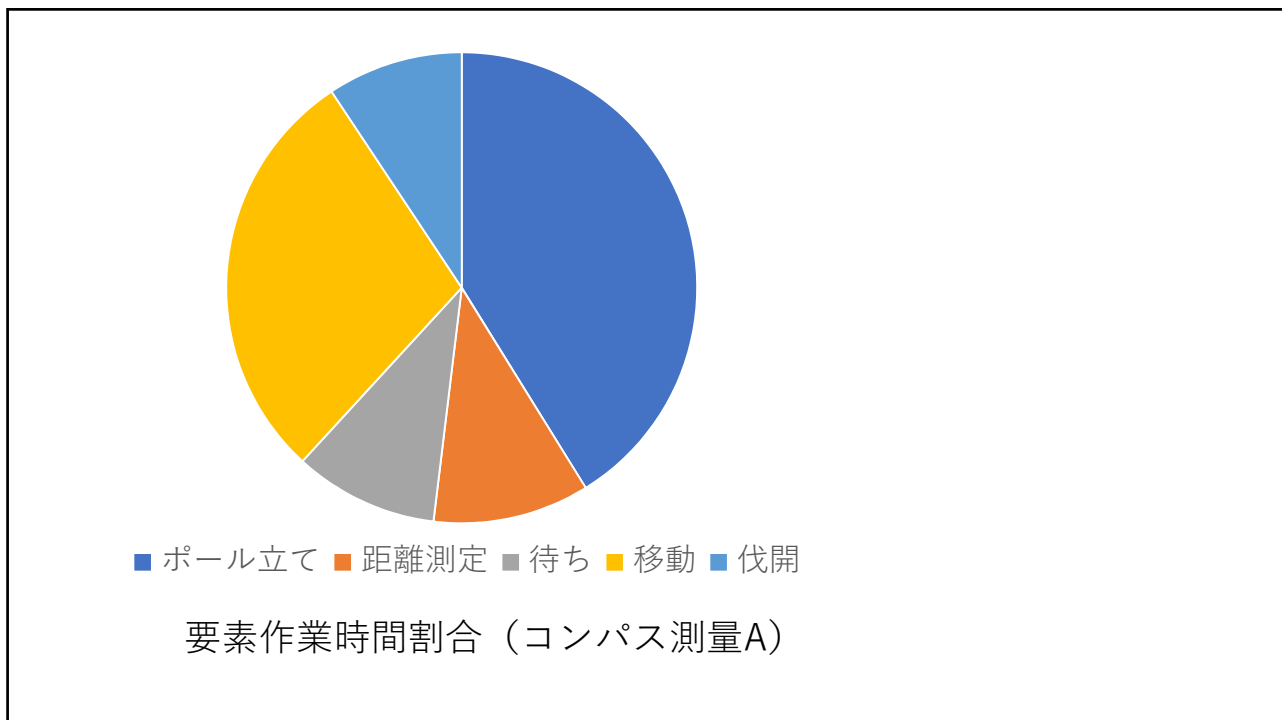
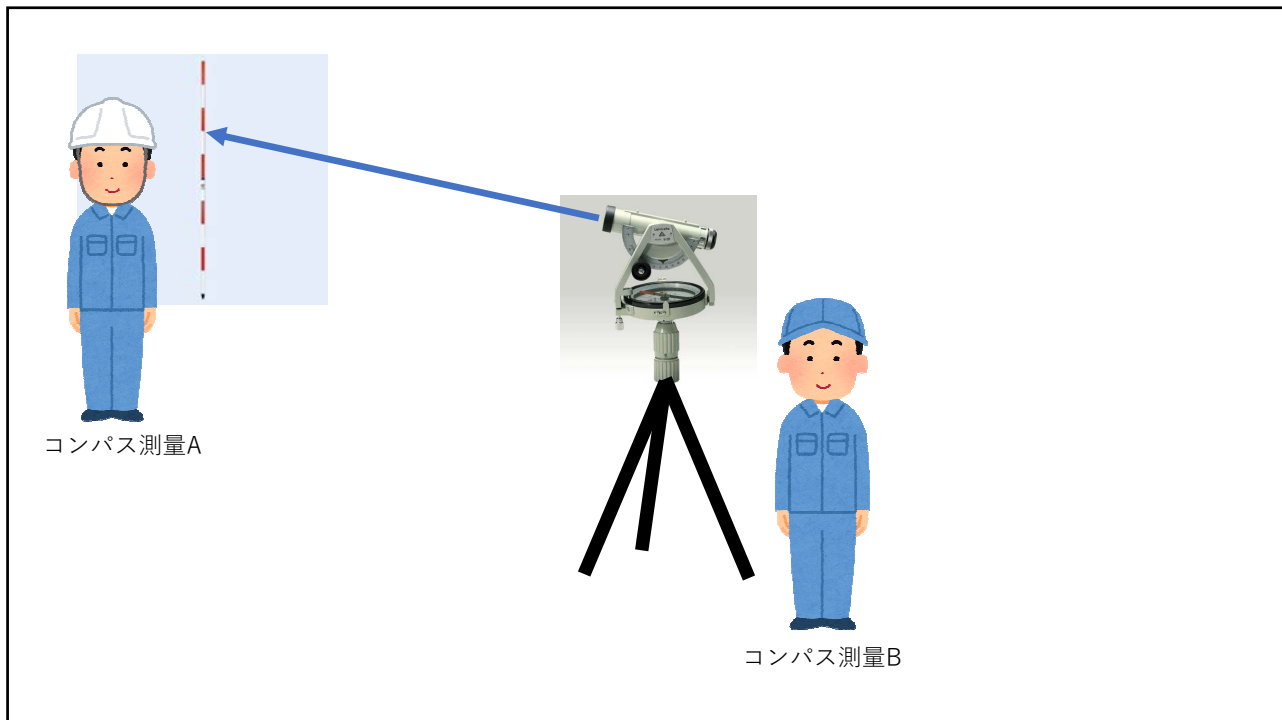
Geo 7XによるGNSS測位時とポケットコンパスによる
周囲測量時のビデオ撮影を行うとともに、作業中の心拍
数をOH1（Polar製）を用いて評価した。

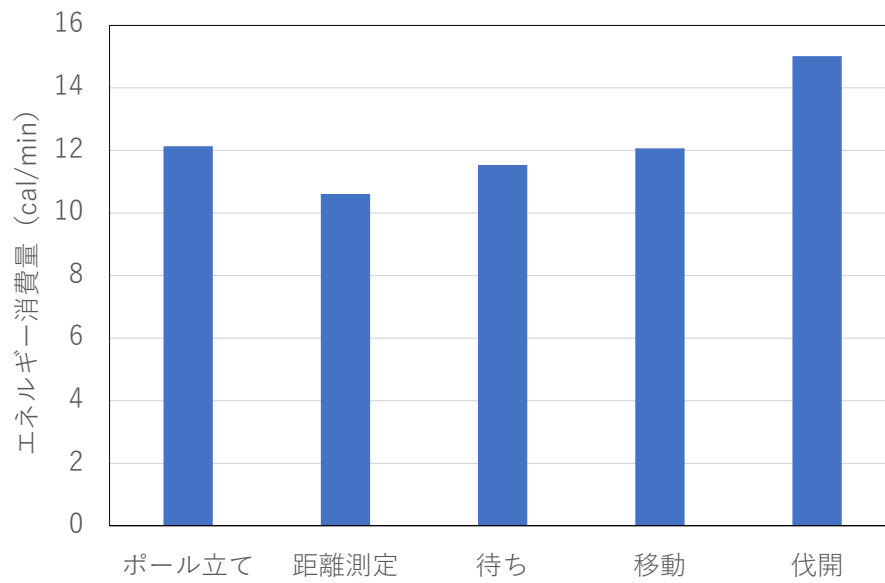


測量作業の所要時間

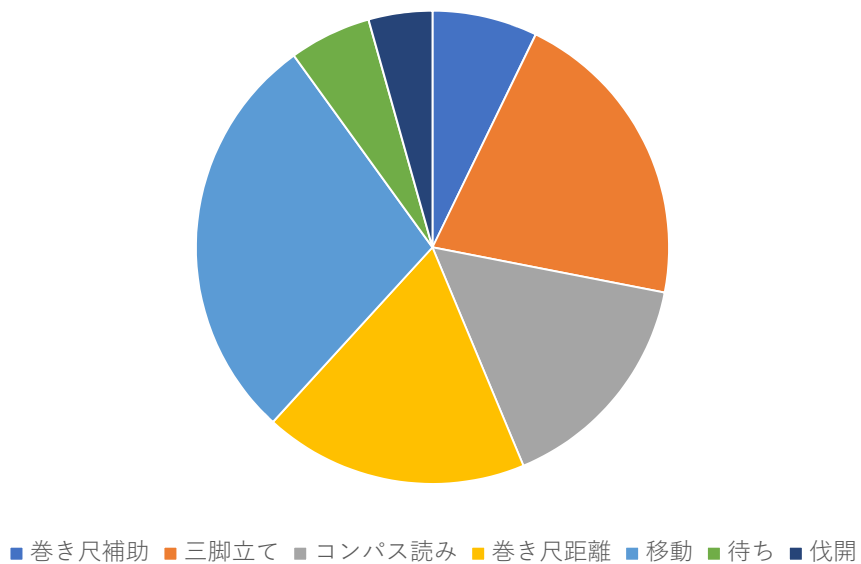
コンパス測量 96分34秒

GPS測量 95分10秒
(1点あたりの平均測位時間：3分44秒)

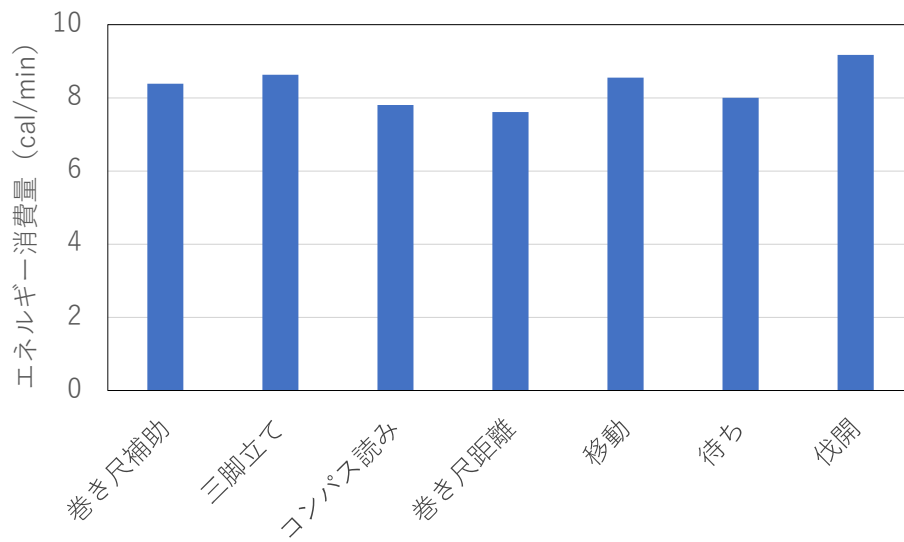




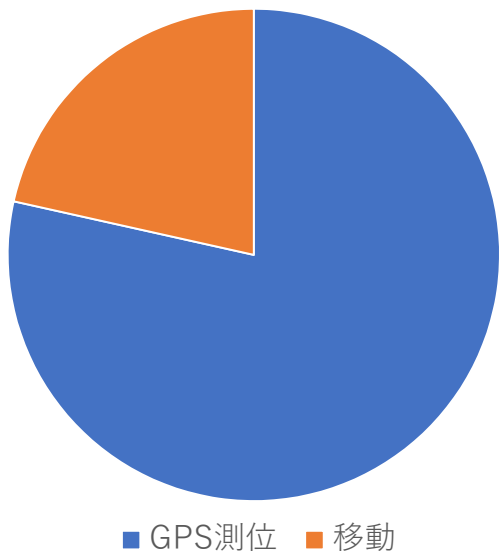
要素作業別エネルギー消費量 (コンパス測量A)



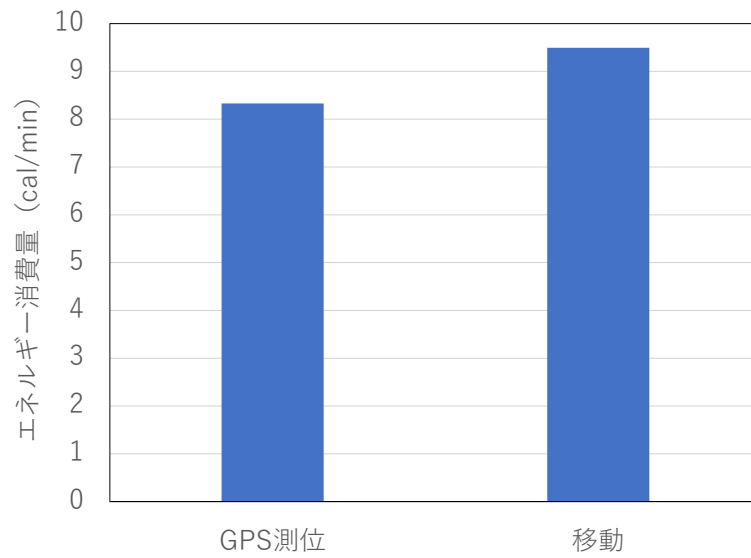
要素作業時間割合 (コンパス測量B)



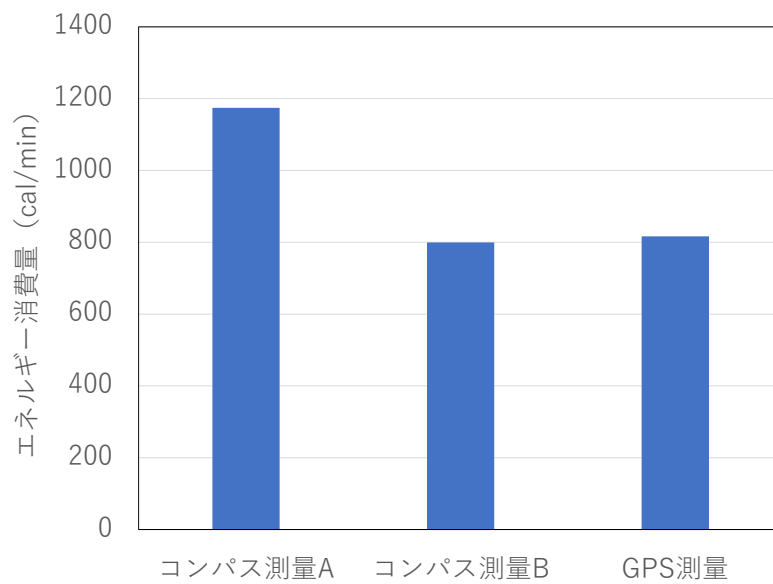
要素作業別エネルギー消費量（コンパス測量B）



要素作業時間割合（GPS測量）



要素作業別エネルギー消費量 (GPS測量)



エネルギー消費量の比較

結論

- Geo 7Xによる単独測位はSBASを使うことでやや高い精度が期待できるが、10秒ではなく、1～3分程度の測位が望ましい。
- Geo 7Xにより後処理DGNSS補正を行うのであれば、1分以上（できれば3分）の測位が望ましい。
- コンパス測量は閉合誤差を補正することで、非常に高精度な測量が短時間にできる優れた手法である。
- スマホの測位結果はよいときもあれば悪いときもあり安定性が低い。

- 0.8ha程度の周囲測量の場合、どの方法を用いても面積に対する影響は数%の誤差しか生じない。
- 各点でのGPS測位が4分以上になると、コンパス測量の方が早いという結果になった。
- 伐開のような上半身を使う作業の労務負担が最も大きい。
- コンパス測量が2人作業になることを考えると、各点でやや長い時間の測位を行ったとしても1人作業のGPS測量の優位性は高いと言える。