

地形測量等への GNSS の活用事例

北海道農政部農村計画課
橋本和義 ○鳴神貴史

一般財団法人 北海道農業近代化技術研究センター
南部雄二 山崎祐樹

I. はじめに

GNSS（衛星測位～Global Navigation Satellite System（全地球航法衛星システム））は、公共測量に使用されており、測量業務の効率化が図られている。また、GNSS は情報化施工でも活用されている。

GNSS の測位精度は、測点ごとに静止し測位した場合で、座標 (x,y) は 1～2cm 程度、標高 (z) は 3～5cm 程度とされている。しかし、移動体で測位データを連続的に取得する場合には、測位精度が劣化する可能性が大きくなる。

その一方で、座標データと標高データを同時に取得できるメリットは大きく、さらに取得データ量が飛躍的に増加し、GIS（地理情報システム）で活用できる。

本報告では、既設用水路の路線測量、圃場の地形測量における GNSS の活用に向けた調査事例を紹介する。

II. 調査概要

近年、GNSS 測位技術を農業に活用することが研究・開発され、営農では GNSS ガイダンス、GNSS レベラー等が実用化されている。

一方、農業農村整備事業においても GNSS 測位技術を活用し、事業の計画段階から設計、施工、維持管理の各段階における空間情報を一元管理し、さらに営農情報も関連させることで、より効率的な農業農村整備事業の展開を図ることが可能と考えられる。

しかし、空間情報の一元的な管理・活用の実用化は、一部の先進的な JA 等に限定され、農業農村整備事業を基本にした実用化には至っていない。

今後、農業農村整備事業を基本とした実用化のためには、事業の計画樹立、実施設計、工事施工等の各段階で GNSS 測位技術と GIS 技術の活用が重要となることから、GNSS 測位データの活用の可能性を検討した。

1. GNSS による調査手法

GNSS 測位システムのイメージは図-1、現地の測位状況を写真-1.2.3 に示す。

GNSS による測位は、GLONASS（ロシアの衛星測位システム）の補正信号が配信される以前の調査であったため、ネットワーク型（VRS 方式）RTK（リアルタイム キネマティック）-GPS（米国の衛星測位システム）により実施した。

VRS（Virtual Reference Station、仮想基準点）方式は仮想基準点方式と呼ばれ、国土地理

院が設置した複数の電子基準点の観測データから、位置情報サービス事業者が作業現場の近傍に仮想の基準点を生成し、パケット通信により補正信号を配信するため、RTK-GPS 受信機 1 台（移動局）で高精度な測位が可能である。

GNSS 測量は、用水路内ではロッド、またはキャスター付ロッドに GNSS アンテナを装着し、徒歩により計測を実施した。また、圃場内では、用水路内と同様に徒歩により計測、または車両に GNSS アンテナを装着し計測を実施した。

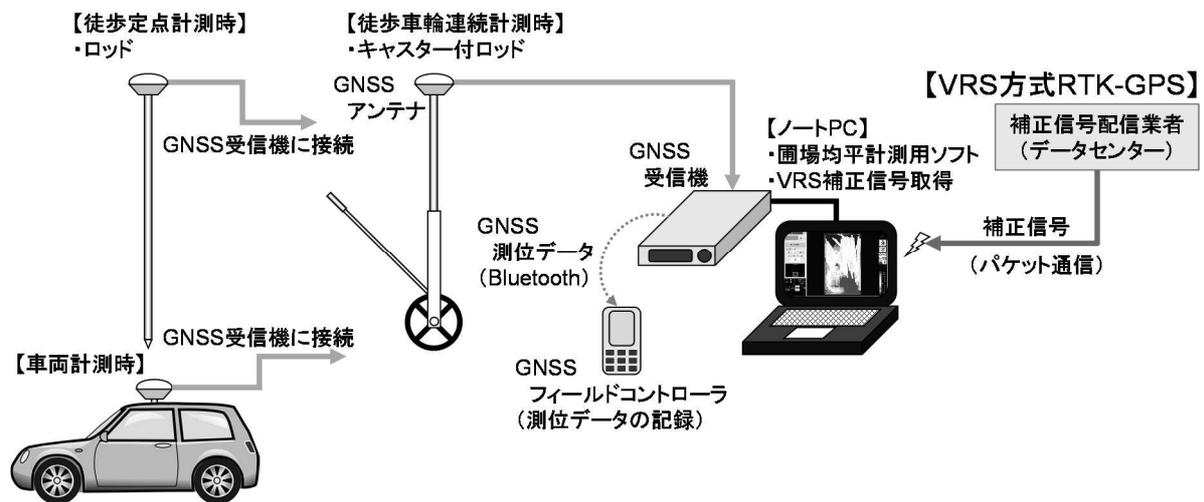


図-1 GNSS 測位システムのイメージ



写真-1 徒歩による計測
(車輪連続計測)



写真-2 徒歩による計測
(定点計測)



写真-3 車両による計測
(車両連続計測)

2. 用水路不陸調査

用水路（開水路）の不陸（不等沈下）の度合いを把握するために、GNSS 測位データを利用することができるかを、従来の水準測量との比較により確認した。

【具体的な内容】

- ・ GNSS 測量とレベルを用いた水準測量との比較により、GNSS 測量の測位精度を確認する。
- ・ 連続的に用水路内の敷高を測定することで、効率的に不陸の状態を把握する。

3. 圃場地形測量

圃場の起伏（不陸）を詳しく把握するために、GNSS 測位データを用いた。

【具体的な内容】

- ・圃場の均平度評価と圃場内の起伏の把握には、多くの測点データを取得することが重要であるため、GNSS による連続計測とレベルを用いた水準測量（メッシュ測量）の結果を比較する。

4. 作業時間比較調査

上記 2～3 の調査において、現地作業時間を把握し、GNSS を用いた場合とレベルを用いた水準測量による場合とを比較した。

【具体的な内容】

- ・GNSS 測量と従来手法とで、測定精度、作業時間、データ整理時間を比較する。
- ・GNSS 技術の活用によって期待される効果等を検討する。

Ⅲ. 調査結果

1. 用水路不陸調査

現況用水路の不陸状態を把握するために、GNSS 測量は測点間隔 10m、レベルを用いた水準測量は測点間隔 20m とし、水路敷高の縦断測量を 4 路線で実施した。そのうち、1 路線は、キャスター付ロードに GNSS アンテナを装着した連続計測（車輪連続計測：平均測点間隔≒0.5m）を実施した。

各測点の GNSS 測量、レベル水準測量結果の比較を図-2～5 に示す。

また、GNSS 測量の測位誤差を確認するために、x 軸をレベル水準測量結果、y 軸を GNSS 測量結果として比較した（図-6～7）。

各路線とも、レベル水準測量結果に対し、GNSS 測量結果は、近似した標高を示し、水路の逆勾配も表現することができた。

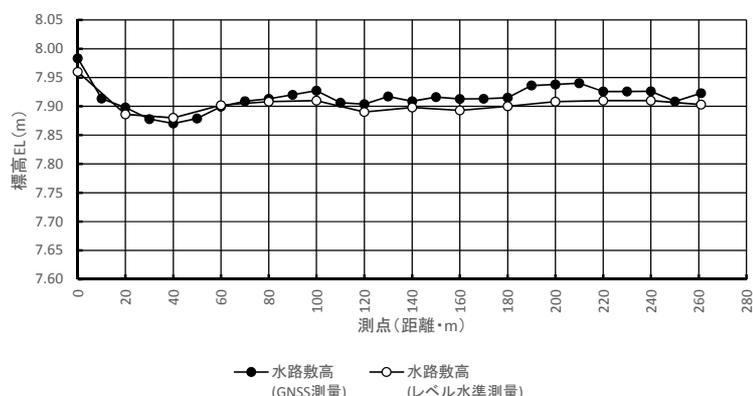


図-2 用水路敷高計測結果の比較（用水路①-1）

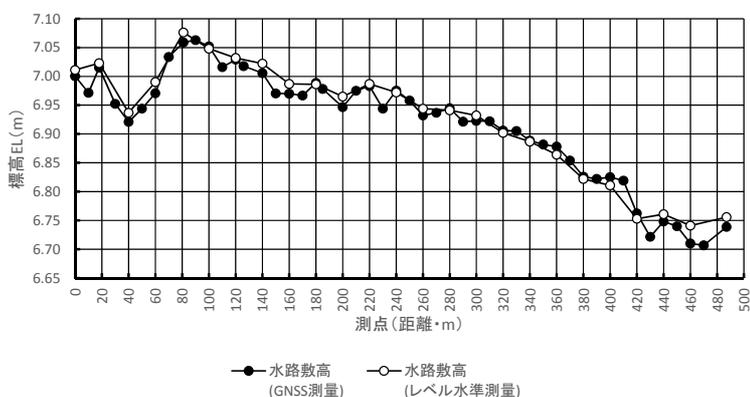


図-3 用水路敷高計測結果の比較（用水路②）

測定誤差は、全ての測点データが 5cm 未満に入っており、GNSS 機器における測量機器性能基準(国土地理院)の測定精度(鉛直精度 5cm 以内)を満足した。

GNSS 車輪連続計測結果でも、レベル水準測量結果に近似しており、移動しながらの連続計測による鉛直精度の劣化は少なかった。

以上の結果から、事業計画段階の概測に、GNSS 測量を用いて、用水路の不陸状況を把握することは可能であると判断できる。

さらに、標高データだけではなく、座標データも同時に取得できるので、延長が長い路線の場合でも、不陸箇所の復元が容易となる。

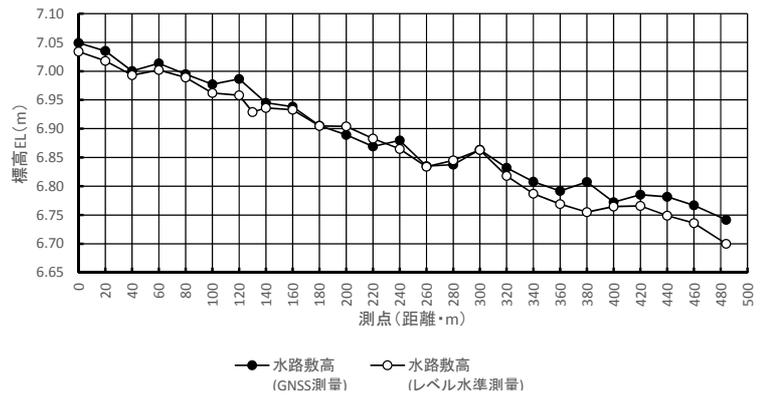


図-4 用水路敷高計測結果の比較(用水路③)

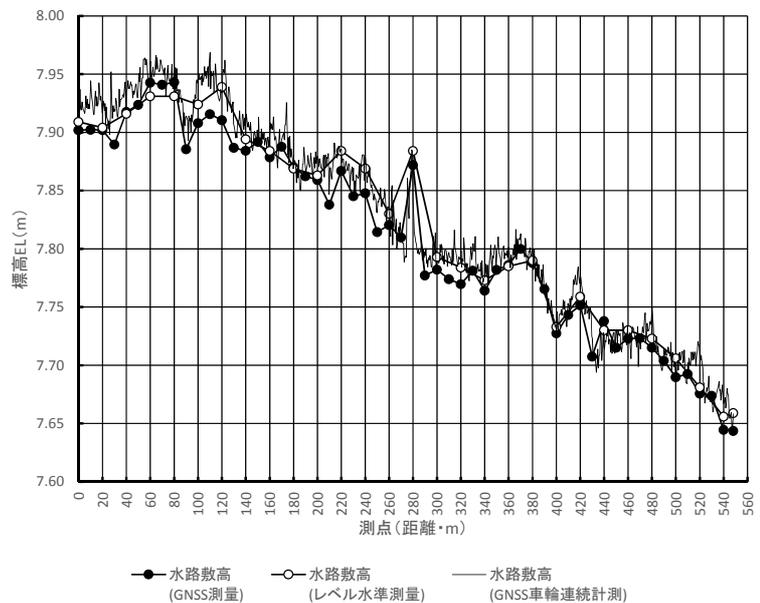


図-5 用水路敷高計測結果の比較(用水路①-2)

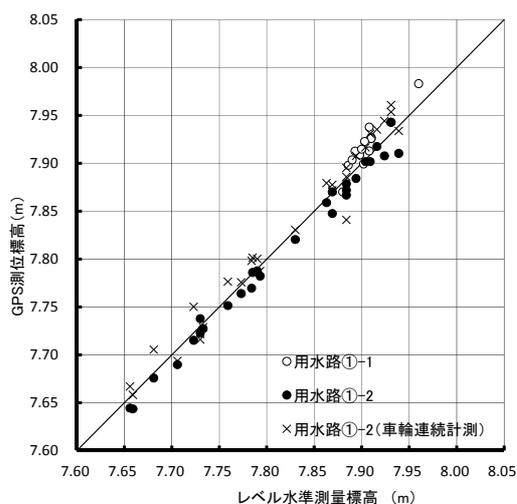


図-6 計測した標高データの比較(用水路①-1・①-2)

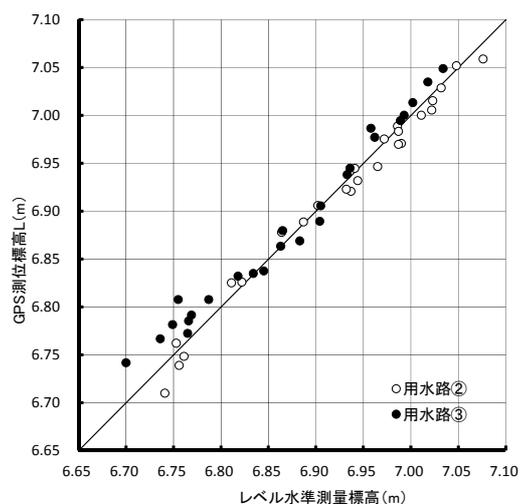


図-7 計測した標高データの比較(用水路②・③)

2. 圃場地形測量

圃場内の不陸状態を把握するために、GNSS 測量では、キャスター付ロードに GNSS アンテナを装着した連続計測（車輪連続計測：平均測点間隔≒1.0m、測線間隔≒5m）を実施した。

また、レベルを用いた水準測量では、長辺方向は約 20m 間隔、短辺方向は約 8~14m 間隔とし、メッシュ測量を実施した。

GNSS 測量の測位誤差を確認するために、x 軸をレベル水準測量結果、y 軸を GNSS 測量結果として比較した（図-8）。

一部のデータで、GNSS 測量結果がレベル測量結果に対し、15cm を超える誤差となっているが、全測点データの約 83%が測位誤差 5cm 未満に収まっていた。

圃場の標高測量では、畦間、株間、作業機械走行跡の凹凸の影響が大きく、標尺を立てる地点によって 5~10cm 程度の差は生じるものである。調査圃場で誤差が大きくなった要因としては、圃場の一部がチゼルプラウによって耕起されており、測定地点の土塊の影響等が考えられる。

次に、GNSS 測量（車輪連続計測）による標高データとレベル水準測量による標高データを用いて、GIS ソフトでコンター図（等高線図）を作成し、不陸の状態を比較した（図-9~10）。

水田圃場では圃場内の標

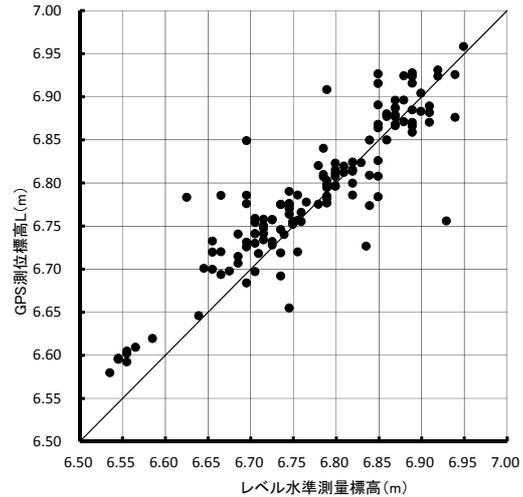


図-8 計測した標高データの比較

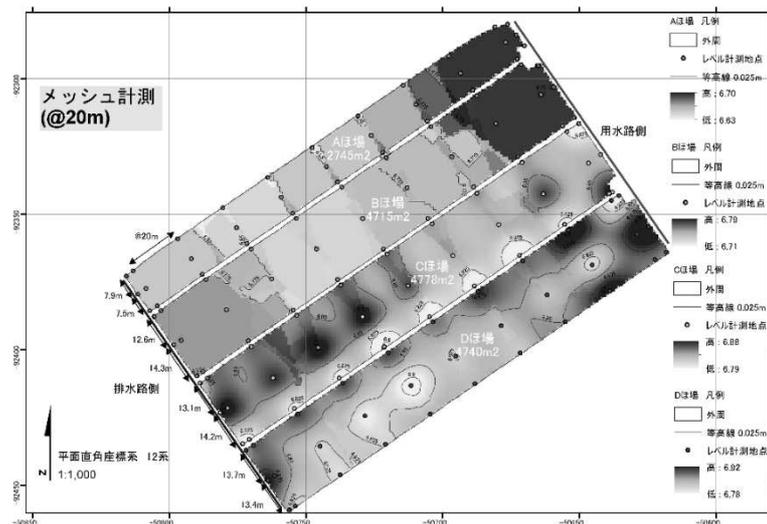


図-9 レベル水準測量標高データによるコンター図

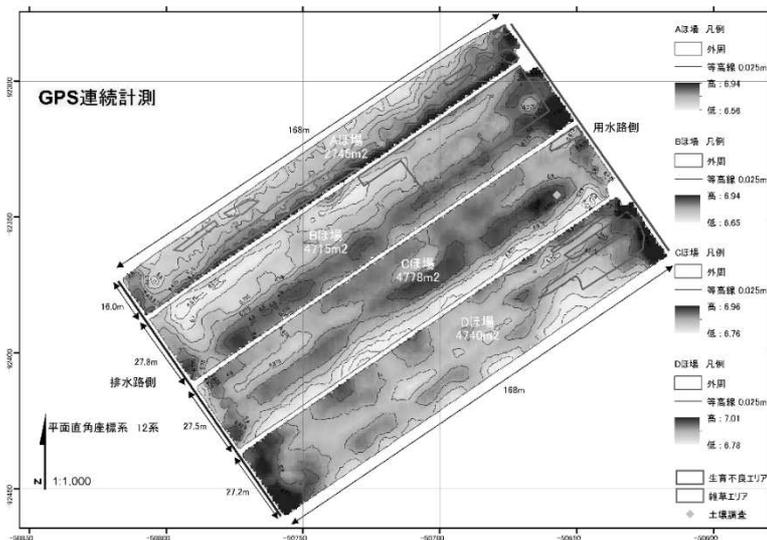


図-10 GNSS 測量標高データによるコンター図

高差は小さく、レベル水準測量(メッシュ測量)では、メッシュ内の標高データの補間は困難である。

一方、GNSS による連続計測では、メッシュ測量の測点 132 点に対し、4,488 点の測点データが取得でき、コンター図(等高線図)から圃場内の不陸状況を詳細に把握することが可能である。

また、GPS レベラー用のソフトウェアを使用することで、GNSS による連続計測終了後に、その場で圃場高低マップ(高低色分け図・図-11)を表示することができ、具体的な切土深さ、盛土高さを表す切盛表(図-12)を作成することができる。

このように、GNSS による連続計測により、多くの標高データ・座標データを取得できるため、GIS での処理、計測専用ソフトウェアでの処理により、圃場の不陸状態を表現するうえで優位であることがわかる。

3. 作業時間の比較

用水路不陸調査と圃場地形測量調査における、GNSS 測量とレベル水準測量の作業時間(人工数)を比較した。

(1) 用水路不陸調査

レベル水準測量(測点間隔 20m)、GNSS 測量(測点間隔 10m)、GNSS 測量車輪連続計測

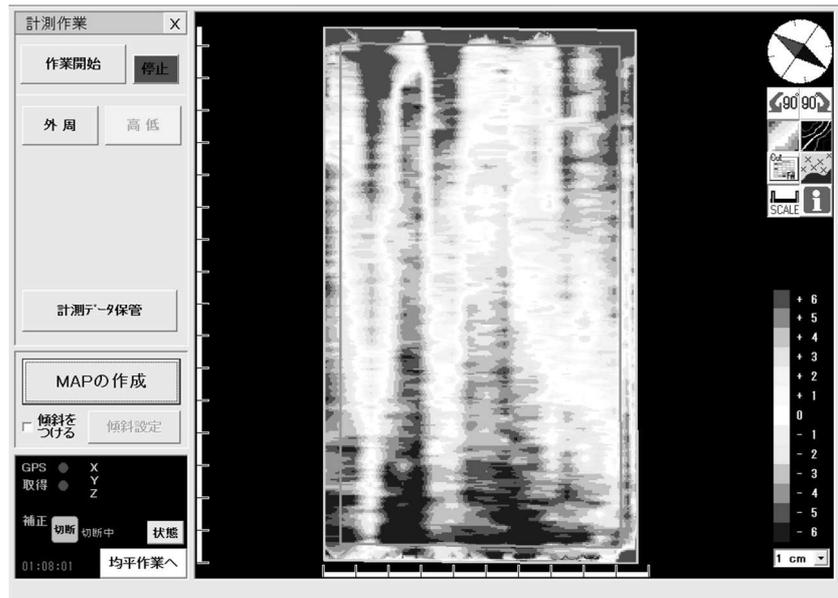


図-11 GNSS 測量標高データによる圃場高低マップ

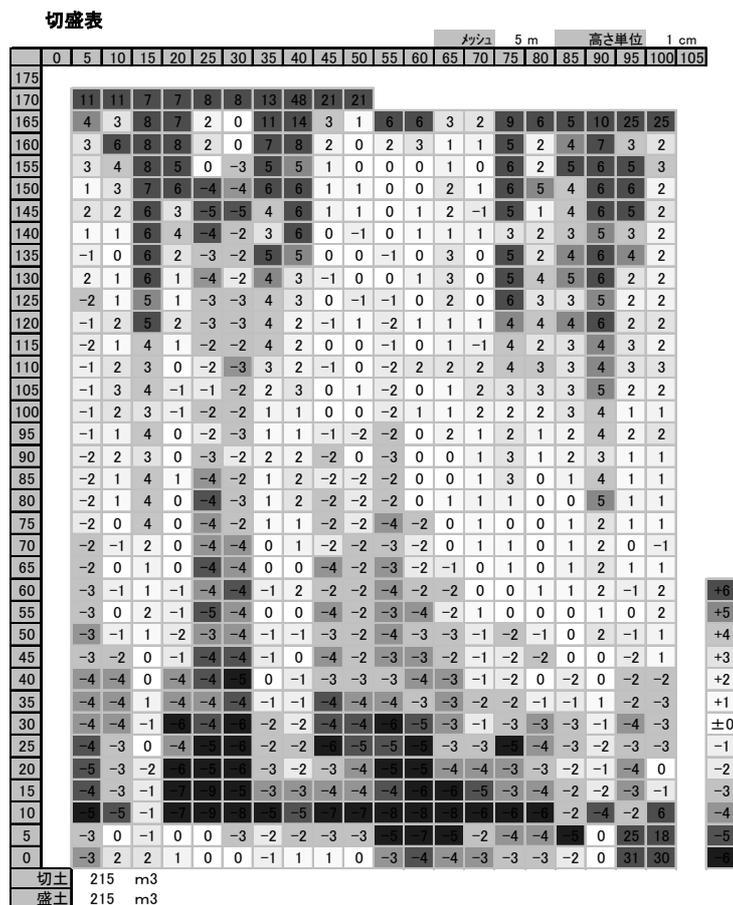


図-12 GNSS 測量標高データによる切盛表

(用水路①-2；平均測点間隔≒0.5m)における現地作業人工数を整理した(表-1)。

レベル水準測量では、機器の準備は1名で可能であるが、測量作業では2名必要となる。

一方、GNSS測量では、機器の準備および測量作業は、1名での対応が可能であった。

GNSS測量の人工数は、レベル水準測量の合計と同程度であるが、取得した測点データ数は2倍であることから、計測作業の効率化が確認された。さらに、車輪連続計測を行うことで、測定時間は短縮され、路線全体の不陸状態の傾向が把握できた。

また、GNSS測量では、任意地点の座標と標高が計測できることから、等間隔の測点に測点を追加した場合でも、データの処理が容易となる。

さらに、路線測量を実施しなくても、計測地点、計測路線をGISで表示、図化することが可能である。

(2) 圃場地形計測

レベル水準測量(測点間隔20mメッシュ相当)、GNSS測量(測点間隔メッシュ20m相当)、GNSS測量車輪連続計測(平均測点間隔≒1.0m、測線間隔≒5m)における現地作業人工数を整理した(表-2)。

レベル水準測量では、機器の準備は1名、測量作業は4名で実施したが、GNSS測量では、機器の準備および測量作業は、1名での対応が可能であった。

人工数の合計では、レベル水準測量に比べGNSS測量が少なく、計測作業の効率化が確認された。

また、GNSS測量車輪連続計測では、レベル水準測量の合計と同程度となったが、測点数が4,488点と飛躍的に多く、圃場の不陸把握、その後

表-1 用水路不陸調査における作業人工数の比較

用水路①-2:作業時間(機器準備、水準測量)					L=548m
種別	測量技師	測量技師補	測量助手	計	調査路線内測点数
	人工/km				L=548m
レベル水準測量(測点間隔20m)	0.14	0.04	0.14	0.31	29点
GNSS測量(測点間隔10m)		0.25		0.25	56点
GNSS測量(車輪連続計測)		0.10		0.10	968点

用水路②:作業時間(機器準備、水準測量)					L=487m
種別	測量技師	測量技師補	測量助手	計	調査路線内測点数
	人工/km				L=487m
レベル水準測量(測点間隔20m)	0.11	0.04	0.11	0.26	25点
GNSS測量(測点間隔10m)		0.24		0.24	49点

用水路③:作業時間(機器準備、水準測量)					L=484m
種別	測量技師	測量技師補	測量助手	計	調査路線内測点数
	人工/km				L=484m
レベル水準測量(測点間隔20m)	0.13	0.04	0.13	0.30	26点
GNSS測量(測点間隔10m)		0.19		0.19	49点

表-2 圃場地形計測における作業人工数の比較

調査圃場①:作業時間(機器準備、標高計測)					A=1.70ha(4圃場)
種別	測量技師	測量技師補	測量助手	計	調査圃場内測点数
	人工/ha				A=1.7ha
レベル水準測量(メッシュ測量)	0.06	0.08	0.06	0.20	132点
GNSS測量(メッシュ測量)		0.13		0.13	132点
GNSS測量(車輪連続計測)		0.18		0.18	4,488点

のデータ処理で優位となる。

また、調査圃場②～④で実施した、GNSS 測量車輪連続計測（平均測点間隔≒0.7m、測線間隔≒5m）と、車両に GPS アンテナを装着した連続計測（平均測点間隔≒1.0m、測線間隔≒5m）における現地作業人工数を整理した（表-3）。

その結果、徒歩計測に比べ車両計測が半分以下の人工数となるため、車両の乗り入れが可能な場合には、さらに効率的に計測作業を実施することが可能となる。

また、GNSS 測量では、地形測量と一体的に、圃場の区画測量も可能であるため、省力化の効果は大きい。

表-3 GNSS 測量による圃場地形計測の作業人工数

調査圃場②: 作業時間(機器準備、標高計測) A=1.00ha

種 別	測量 技師	測量 技師補	測量 助手	計	調査圃場内 測点数
	人工/ha				
GNSS測量 (車輪連続計測)		0.18		0.18	3,769点

調査圃場③: 作業時間(機器準備、標高計測) A=1.61ha

種 別	測量 技師	測量 技師補	測量 助手	計	調査圃場内 測点数
	人工/ha				
GNSS測量 (車輪連続計測)		0.11		0.11	5,353点

調査圃場④: 作業時間(機器準備、標高計測) A=4.90ha

種 別	測量 技師	測量 技師補	測量 助手	計	調査圃場内 測点数
	人工/ha				
GNSS測量 (車両連続計測)		0.04	0.01	0.05	14,269点

IV. おわりに

GNSS 測量で取得可能な連続データから、用水路の不陸・逆勾配の状況が把握でき、再整備が必要となる路線・区間等の検討が可能であることが把握できた。

また、圃場内の不陸状況の把握、GIS による図化において、従来のレベル水準測量（メッシュ測量）に比べ優位であることが確認できた。

GNSS 測位技術の活用により、短時間で取得可能な空間情報（座標・標高）量が飛躍的に増加し、GIS による空間情報管理の一元化により活用範囲が広がる。

今後、GNSS 測位技術の特徴を把握したうえで、事業計画段階から、測量・設計、施工、維持管理を含め、GNSS 測位データの活用が望まれる。