

GNSS 機器を用いた生コン車運行管理システム開発

How Development of Ready-Mixed Concrete Truck Operation Management System Using GNSS

波多野 純*1 浅沼 正人*2 小松 永揚*2
Jun Hatano Masato Asanuma Toyo Komatsu
鬼塚 峰行*2 高橋 達也*2
Mineyuki Onizuka Tatsuya Takahashi

要旨

スマートフォンの位置情報サービスを利用して、コンクリート打設時の生コンクリート運搬用アジテーター車（生コン車）の位置情報を取得し、関係者が即座に運行状況の把握と現場でのコンクリート打設状況把握が可能なシステムを開発した。本報告では、システムの開発経緯、システムに必要な要素技術の比較・検証、さらに、システムの概要と現場での適用結果について報告する。

キーワード：位置情報 GNSS ロケーションシステム 生コン車 運行管理

1. はじめに

当社が従来より使用してきた GPS を用いた生コン車ロケーションシステム「GPS 運行管理システム」（以下、従来システム）において、使用する通信サービスの運用の終了が予定されている。そのため、これに換わるシステムとして新たな機能を加えたシステムの開発を独自に行ってきた。

今般、その開発が完了し、システム名「IMANANDAI（イマナundai）®」として運用を開始したのでこれについて報告する。

1.1 背景

建設現場においては、少子高齢化による急速な労働力不足が進む中、高い生産性をあげながら品質確保が求められている。この課題に対し、国土交通省主導で i-Construction 等によるデジタル技術を用いた施工の推進が図られ、各方面での取り組みが行われている。これら取り組みの中には、トータルステーション（TS）や GNSS（Global Navigation Satellite System）を用いて、位置等の座標値をリアルタイムに取得する取り組みが広がり、施工効率の向上と省力化、熟練作業員不足への対応に期待されている。

一方、建物の躯体コンクリート工事は、多くの関係者が連絡調整しながら高品質のコンクリート躯体を作り上げる大切な工程である。中でもコンクリート打設時には生コンをスムーズに打ち込みができるよう、常に打設箇所状況と生コン車の運行状況等を確認しつつ、多くの安全と品質について管理を行う必要がある。今回開発した新シ

ステムは、この多忙な業務において、関係者がリアルタイムに打設状況を確認できるため、業務の効率化に役立つものである。また、汎用のスマートフォンがあれば利用が可能であり、比較的安価に導入が可能である。

1.2 開発経緯

当社では、2010 年に市販の衛星情報を用いたロケーションシステムを改良し使用を開始した。従来システムでは、専用の GPS 車載器を生コン車の運転の邪魔にならないところへ置き、電源はシガーソケットから、アンテナはフロントガラス付近の電波を捉えやすい所に設置することで、生コン車を移動基地局とするものである。この GPS 車載器は、GPS 衛星から取得した位置情報を、定期的に緯度経度形式にて ASP (Application Service Provider) センター測位サーバに対して、発信する。測位サーバに保存された位置情報は、インターネット経由で取得することが可能であるため、運行状況の確認は、インターネットにつながるパソコンであればどこからでも閲覧が可能である（図 1、図 2）。データ通信が行なわれる環境は、データ通信に採用している携帯端末のサービスエリア内であればどこでも利用が可能である。このシステムは、生コン車の運行状況の把握が求められる現場で利用されてきたが、システム利用開始から約 10 年が経過し、システムが使用する通信サービスは 2026 年 3 月をもって利用停止のアナウンスがされた。一方、GPS 車載器以外の汎用機器による GNSS 利用が容易になっている。このような状況を踏まえ、新たな機能を加えたシステムの開発を行うこととした。

*1 工務管理本部 技術統括部 *2 日本コンピュータシステム(株)

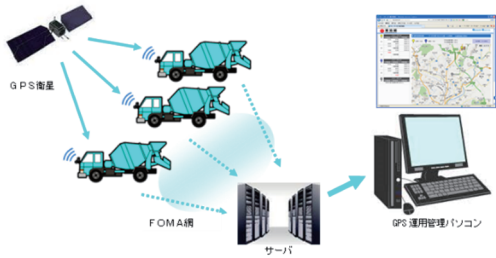


図1 システム概要イメージ (従来システム)

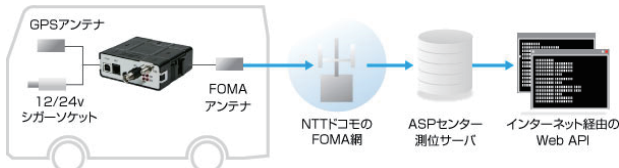


図2 システム構成機器イメージ (従来システム)

- ・測位精度比較方法：①ichimillのWeb管理サイトから出力した測位データ、および②iPhoneにインストールしたGPSトラッキングアプリ ZweiteGPSから出力した測位データをGoogleマップ※3上に表示。



写真1 検証フィールド

2. 要素技術検証

本章では、GNSS機器の特性や位置情報を効果的に表示・共有する方法を観点として、システムに必要な要素技術を洗い出し、比較・検証を行った内容を記載する。さらに、従来システムでの課題に対する改善策について記載する。

2.1 要素技術検証の目的

システム化の実現の可能性を検証することを目的とし、以下の要素技術について比較・検証を行った。

- ・GNSS機器の違いによる測位精度の比較
- ・GNSS機器が受信した位置情報のWeb地図上への表示
- ・GNSS機器が受信した位置情報がジオフェンス（位置情報が仮想的な境界線で囲まれたエリア）の内側または外側かを判定

2.2 測位精度の比較

システムに用いるGNSS機器を選定するため、GNSS機器の違いによる測位精度の比較を行った。

2.2.1 検証概要

- ・検証フィールド：東京都港区虎ノ門から新橋のエリアで中高層ビルが建ち並ぶ市街地（写真1）。
- ・検証機器（写真2）：
 - ① GNSS受信機、およびソフトバンク社提供のセンチメートル級測位サービス ichimill※1。
 - ② GNSS受信機内蔵のiPhone※2。
- ・検証方法：①と②の機器を持った人が検証フィールドを歩行。



写真2 使用機器

（左：ichimillのGNSS受信機）

（右：GNSS受信機内蔵のiPhone）

2.2.2 検証結果

各機器の地図上への測位データの表示結果を図3、図4に示す。黒いピンが①の位置情報、青いピンが②の位置情報を示す。

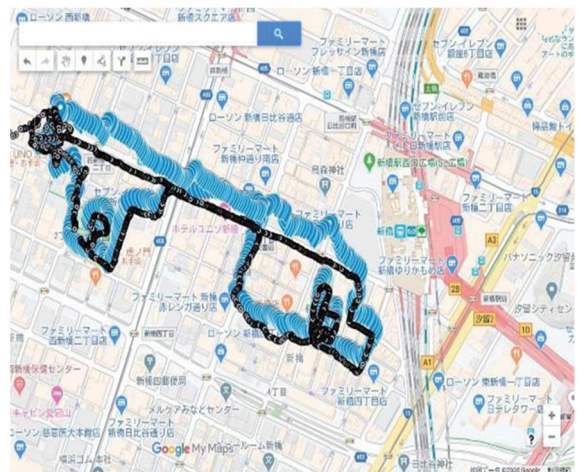


図3 測位結果比較地図 (全体)

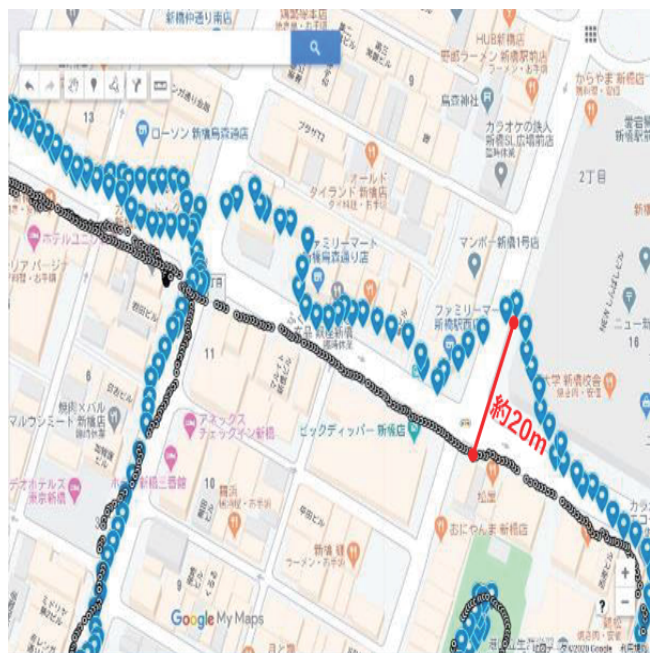


図4 測位結果比較地図（大通り部分を拡大）

- ① 歩行したルートから 1~2m の誤差範囲内で位置情報が取得されている。また、GNSS の信号を受信しにくい建物などの遮蔽物がある場合でも、実際の歩行位置とほとんど差がない。
- ② 歩行ルートに対して、GNSS の信号を受信しやすい状況下では、5~10m の誤差範囲内で位置情報が取得されている。しかし建物などの遮蔽物がある場合には、実際の歩行ルートから外れ、最大 20m 程度ずれた位置情報が取得されている。

測位精度は全体的に①の方が優れていることが確認できた。ただし、②でも高精度の位置情報を必要としないシステムであれば運用上問題ないことを確認した。

2.3 Web 地図上への表示

GNSS 受信機が受信した位置情報をクラウドサーバに蓄積し、Web 地図上で蓄積された位置情報の表示が可能か、アプリケーション（以下 アプリ A）と Web アプリケーション（以下 Web アプリ A）を作成し検証を行った。検証に用いたアプリ A、Web アプリ A の詳細を以下に示す。

- アプリ A：1 分間隔で位置情報をクラウドサーバ上に蓄積する iOS[®]4 アプリ。
- Web アプリ A：GNSS 受信機から送信された位置情報を Web 地図上に表示する Web アプリ。
- Web 地図：表示する地図は国土地理院が公開している電子国土基本図^{1),2)}とした。

2.3.1 検証概要

- 検証フィールド：茨城県つくば市にある当社技術研究所内の屋外（構内道路上）に、全長 180m の直線上に 30m ピッチで測位ポイントを設定した（図 5、写真 3）。
- 検証機器：GNSS 受信機内蔵の iPhone。
- 検証時の GNSS の位置状況：iOS アプリ Position Radar にて確認（図 6）。
- 検証方法：アプリ A をインストールした iPhone を持った人が検証フィールドの各測位ポイントまで歩行する。

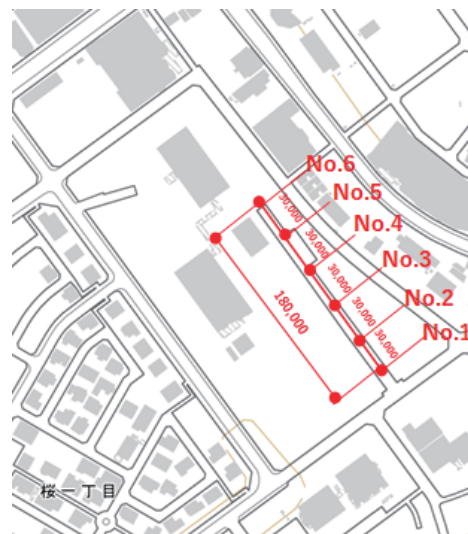


図5 検証フィールド地図

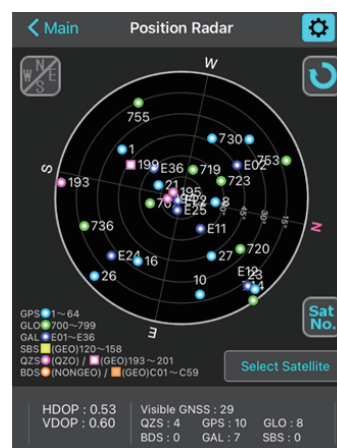
写真3 検証フィールド状況
(左：全体 右：測位ポイント)

図6 検証時の GNSS の位置状況

2.3.2 検証結果

アプリ A にて GNSS 機器が受信した位置情報をクラウドサーバ上に蓄積できることを確認した。また蓄積された位置情報を Web アプリ A にて Web 地図上に表示できることを確認した (図 7、写真 4)。

図 7 の赤丸は、GNSS 機器が受信した位置情報を Web アプリ A の Web 地図上に示したものであり、Web 地図上の数字は自動採番となる。



図 7 検証結果



写真 4 測位ポイントでの測位

2.4 ジオフェンスの内側または外側の判定

出発地と到着地において、入退場した際にその時間をシステムが自動で記録できるように、GNSS 受信機 (受信した) 位置情報がジオフェンスの内側から外側に出たことを検出するための検証用 Web アプリケーション (以下 Web アプリ B) を作成し検証を行った。検証に用いたアプリ A、Web アプリ B の詳細は下記の通り。

- ・アプリ A : 前節と同じアプリ。
- ・Web アプリ B : 以下の機能を持つ Web アプリ。
 - Web 地図上でジオフェンスの設定。
 - GNSS 受信機から送信された位置情報を Web 地図上に表示。

- GNSS 受信機から送信された位置情報が、ジオフェンスの内側か外側かを判定する。GNSS 受信機が受信した位置情報が、ジオフェンスの内側から外側に移動した際、位置情報を示すアイコンの色をグレーから青に切り替える。

2.4.1 検証概要

- ・検証フィールド : 前節と同じフィールド
- ・ジオフェンス : 検証フィールドの任意地点に半径 10m のジオフェンス (背景色ピンク) の円を設定した (図 8)。
- ・検証機器 : GNSS 受信機内蔵の iPhone。
- ・検証方法 : アプリ A をインストールした iPhone を保持した状態でジオフェンスの境界を歩行する。

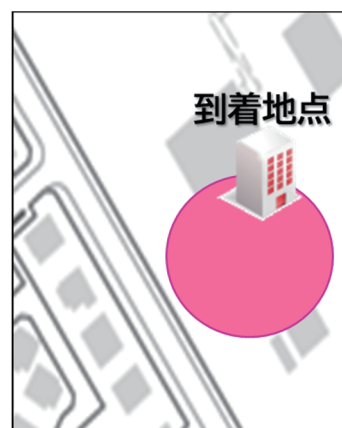


図 8 ジオフェンス

2.4.2 検証結果

Web アプリ B にて、GNSS 受信機から送信された位置情報がジオフェンスの内側か外側かを判定できることを確認した (図 9)。

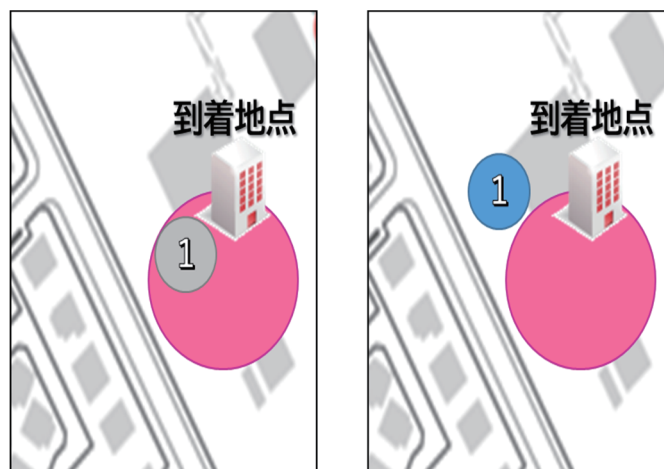


図 9 検証結果

- (左 : GNSS 受信機がジオフェンスの内側にあるケース)
- (右 : GNSS 受信機がジオフェンスの外側にあるケース)

2.5 現場課題抽出と対応策

前述の従来システムを現場で利用してきた過程で、各種意見を利用者にヒアリングしてきた。そこで出てきた主な課題と対応策について示す。

2.5.1 使用する GNSS 受信機

従来システムでは、生コン車に搭載する GNSS 受信機は、複数の機器で構成されている（写真 5）。そのため、一日のコンクリート打設において、生コン車の入れ替わりが頻繁な中、機器の回収や次の生コン車への積み換えを行う場合、機器の部品が多いことによる設置・回収の煩雑さが課題となっていた。



写真 5 従来システムで使用する専用の通信機器

そこで、新システムにおいては、GNSS 受信機が内蔵された iPhone を採用することで、機器の部品は少なくなり、機器の設置・回収の煩雑さが解消された（写真 6）。



写真 6 GNSS 受信機内蔵の iPhone

2.5.2 出発地点と到着地点のジオフェンス設定

出発地点と到着地点のジオフェンスの設定について、従来システムでは、ジオフェンスの半径を数値で指定するだけであり、地図上でジオフェンスを視覚的に把握することができなかった（図 10）。それにより、地点への入出の際、ジオフェンスの範囲が適切な範囲となっているか、実際に生コン車が運行しないと分からないことが課題となっていた。

そこで、新システムにおいては、ジオフェンスを設定す

る際、指定した地点に対してジオフェンスの範囲を円状で表示することで、視覚的にジオフェンスの範囲を把握できるようにすることとした（図 11）。



図 10 従来システムのジオフェンスの設定イメージ



図 11 新システムのジオフェンスの設定イメージ

2.5.3 打設時間の管理

従来システムでは、コンクリートの打設開始時間と打設終了時間は、現場職員が記録用紙を用いて記録する運用となっていた。報告書を作成する際、従来システムから出力した生コン車の運行時間の情報と記録用紙の情報を組み合わせて記録表を作り直すこととなるため、非効率な業務となっていた。

そこで、新システムでは、生コン車の運転手の操作によりコンクリートの打設開始時間と打設終了時間が記録でき、さらにその時間も含めた記録表がシステムより出力可能なものとする方針とした。

3. システム開発

3.1 システム概要

GNSS 機器を用いた生コン車運行管理システム IMANANDAI は、PC 又はタブレットと iPhone を用いて、コンクリート工事における生コン車の運行状況やコンクリートの打設状況の確認と情報の共有ができる、クラウド環境を利用した

システムである。

IMANANDAI には次に示す①～③の機能がある。

① 運行状況の確認と共有

- ・ 生コン車の車両位置を地図上に表示
- ・ 生コン車の運行情報の自動記録・表示

② 打設状況の確認と共有

- ・ 打設予定量、打設実績、残量の記録、表示
- ・ 生コン車毎のコンクリートの打設開始および終了時刻の記録（手動と自動）と表示

③ データ出力

- ・ 生コン車の運行時間や打設時間を CSV 形式でデータ出力

なお、システム基盤は日本コンピュータシステム株式会社の施工管理業務支援クラウドサービス「イクト※5」をベースとして開発を行った。

3.2.2 システム画面イメージ

IMANANDAI の画面イメージを図 14、図 15 に示す。

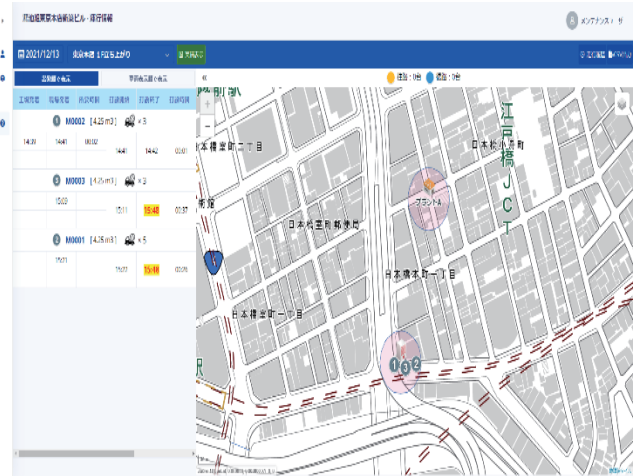


図 14 運行管理 Web アプリ画面例

3.2 システム構成等

3.2.1 システム構成図

当システムは、データを管理するクラウド上のサーバの他、PC 又はタブレット上で閲覧する Web アプリと iPhone にインストールする iOS アプリで構成されている。システム構成図と機能構成図を図 12、図 13 に示す。

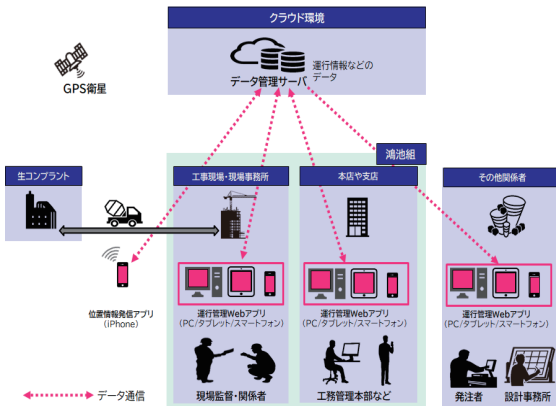


図 12 システム構成図



図 15 位置情報発信アプリ画面例

(左：運行中画面例 右：車両登録画面例)

3.3 システム運用手順

3.3.1 システム運用手順の検討

システムの運用にあたり、手順の検討を行った。図 16 に運用手順（案）を示す。

3.3.2 現場ヒアリング

前項のシステム運用手順案を基に現場の実態に即した手順となっているか、現場へヒアリングを行った。その結果、おおむね運用可能な手順となっていることを確認することができた。ただし、現場到着後の「打設開始」、「打設終了」のボタン操作を生コン車の運転手に委ねることが難しいとの意見が上がった。理由としては、荷下ろし中の端末操作による端末の落下、業務負荷の増加、さらに操作に対する運転手の抵抗感が指摘されたためである。

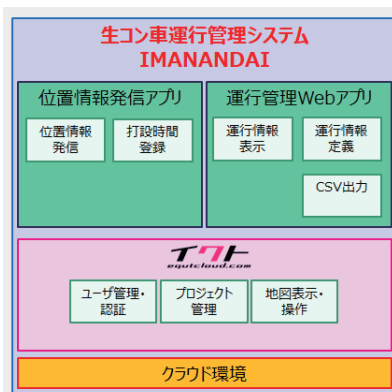


図 13 機能構成図

3.3.3 システム運用手順の改善

現場へのヒアリング結果から、生コン車の運転手が操作を行わなくてもよい運用手順を追加することで改善を行った。具体的には「打設開始」、「打設終了」操作が行われな

かった場合は、生コン車が現場を出発した際に、その時刻を「打設開始」、「打設終了」に自動で登録する仕組みをシステムに追加した（図 17）。

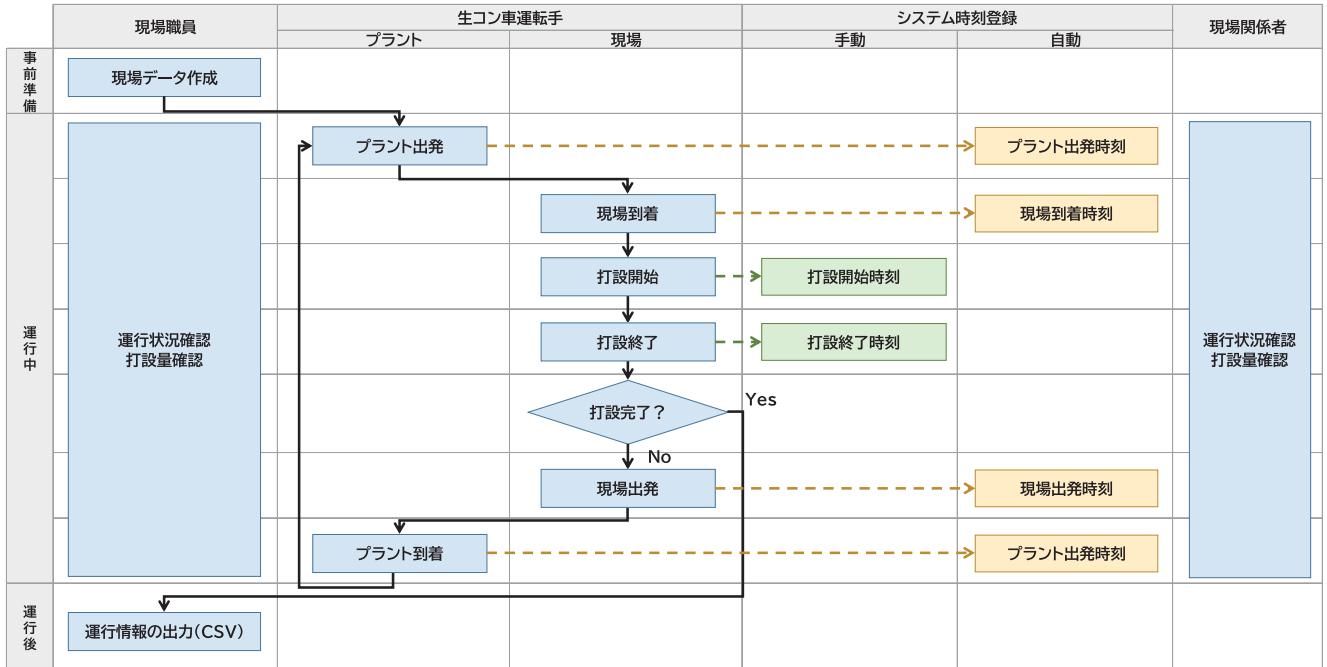


図 16 システム運用手順（案）

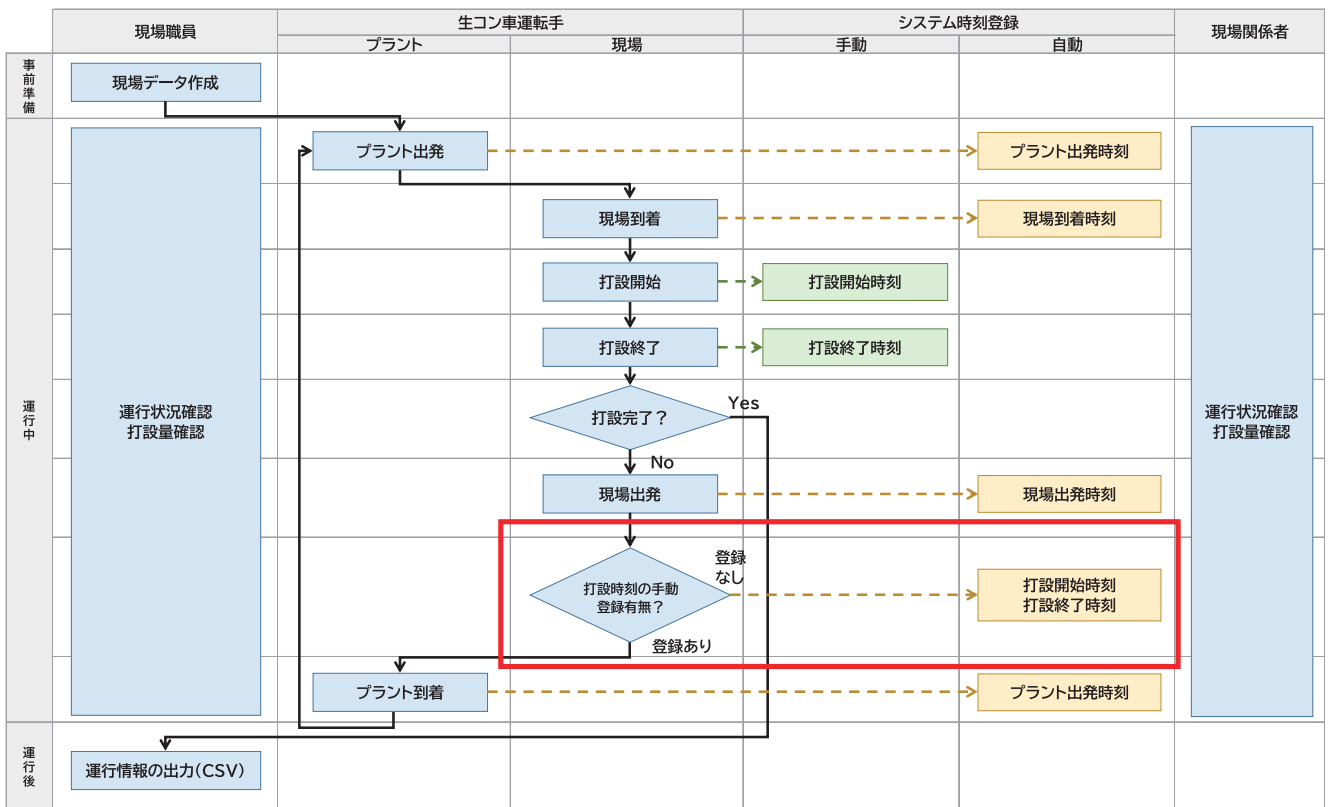


図 17 システム運用手順（改善後）（赤枠部分は追加した手順）

3.4 現場適用

開発したシステムの有効性を確認するため、以下に示す工事現場で適用し、通信機器およびシステムの稼働状況車載器の受け渡しと設置、回収までの運用状況などについて確認を行った。

その結果、おおむねシステム運用手順に従った運用ができることを確認した（写真7、図18、図19）。

<施工概要>

構造：鉄筋コンクリート造 地上4階建て

規模：建物延べ面積 約 3,700 m²

<現場適用>

日時：2022年3月4日 8時～14時

打設箇所：3階立ち上がり・4階床

当日打設量：270 m³



写真7 現場状況

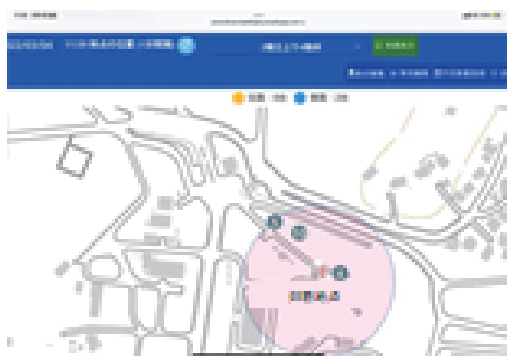


図18 運行管理 Web アプリ (ジオフェンス)

項目	内容	単位	台数
打設実績情報	09:32 現在	平均距離情報: 約 100m	平均稼働時間: 約 10分
台予定	270.00m ³		
打設中	29.75m ³		7台
運搬中	25.50m ³		6台
残量	214.75m ³		

図19 運行管理 Web アプリ (打設実績画面)

4. 将来展望・課題

現在、建築および土木の現場で実地検証を進め、その中でいくつかの課題が見えてきた。今回開発したシステムは簡易な運用で、機器操作を最小限となるよう目指したが、生コン車の運転手に対する負担を完全になくすことはできなかった。そのため、運転手の負担が増えることに対する懸念、運用を簡略化することによる正確なコンクリート打設量の把握への影響などが懸念された。今後は現場からの課題や意見を取り入れつつ、より一層のシステムの自動化と運用の簡易化を目指す必要がある。

5. まとめ

本報告では、建設現場でのGNSSによる位置計測技術活用の可能性の模索とこれを用いた生コン車運行管理システムの開発の経緯を述べた。現在システムの運用を開始したばかりであるが、現場の生産性向上、品質向上に寄与するシステムとなるよう継続してシステムの改良を行っていく予定である。

※1 ichimill はソフトバンク株式会社の商標または登録商標

※2 iPhone は Apple Inc. の商標または登録商標

※3 Google マップは Google LLC の商標または登録商標

※4 iOS は Apple Inc. の OS 名称

※5 イクトは日本コンピュータシステムの登録商標

参考文献

- 1) 国土地理院ウェブサイト
(<https://maps.gsi.go.jp/#5/36.102376/140.075684/&base=std&ls=std&disp=1&vs=clglj0h0k010u0t0z0r0s0m0f1&d=m>) (図5, 7, 8, 9, 11, 14, 18にて使用)
- 2) 「電子国土基本図」(国土地理院)をもとに日本コンピュータシステム株式会社作成 (図5, 7, 8, 9, 11, 14, 18にて使用)