

建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用
に関するプロジェクト(2019追加)

スランプ等の全数調査による品質管理手法 の確立とその技術基準の提案

(映像を含む電子化した生コン情報の
クラウド共有活用に関する試行)

—天ヶ瀬ダム再開発流入部本体他建設工事(3期工事)—

大成建設、成和コンサルタント、横浜国立大学、
パナソニックアドバンステクノロジー、ソイル
アンドロックエンジニアリングコンソーシアム

協議会とPRISMの経緯—確認された効果

- 第6回 日建連より「生コン情報の電子化」を提案
2018PRISM⇒共通クラウド＋品管システム適用＋遠隔立会
- 第8回 「生産性向上」と「品質向上」の効果を報告
 - ・現場作業時間を最大20%減
 - ・内業時間を50%以上減
 - ・リアルタイム情報交換と見える化で打重ね時間を短縮2019PRISM⇒試験作業・監督業務削減(受入れ全数管理)
施工履歴のCIM連携＋供給者のメリット抽出
- 第9回 「全数管理」による現行手法代替の可能性を報告
 - ・受入試験のクラウド監視が可能
 - ・打重ね時間短縮10%
 - ・単位水量/スランプの安定化
 - ・維持管理への貢献2019追加PRISM⇒
 - ・全数管理の適用性拡大/検証
 - ・現場実装に必要な技術基準の提案2020PRISM ⇒
 - ・クラウド型品管システムの社会実装
 - ・供給者メリットの付与

協議会とPRISMの経緯—確認された効果

- 第6回 日建連より「生コン情報の電子化」を提案
2018PRISM⇒共通クラウド+品管システム適用+遠隔立会

総合評価	A
委員からのコメント	<ul style="list-style-type: none">・品質管理の効率化と打設するコンクリートの品質向上の両方で、大きな導入効果が得られたと評価した。・生産工程全体に及ぶシステム化を行っていて、生産性に寄与するところが大きい。将来はCIMモデルと連携することで、維持管理段階でも参照できる情報にして戴ければ一層有効なのではないでしょうか。

2019PRISM⇒試験作業・監督業務削減(受入れ全数管理)
施工履歴のCIM連携

- 第9回 「全数管理」による現行手法代替の可能性を報告
 - ・受入試験のクラウド監視が可能
 - ・打重ね時間短縮10%
 - ・単位水量/スランプの安定化
 - ・維持管理への貢献

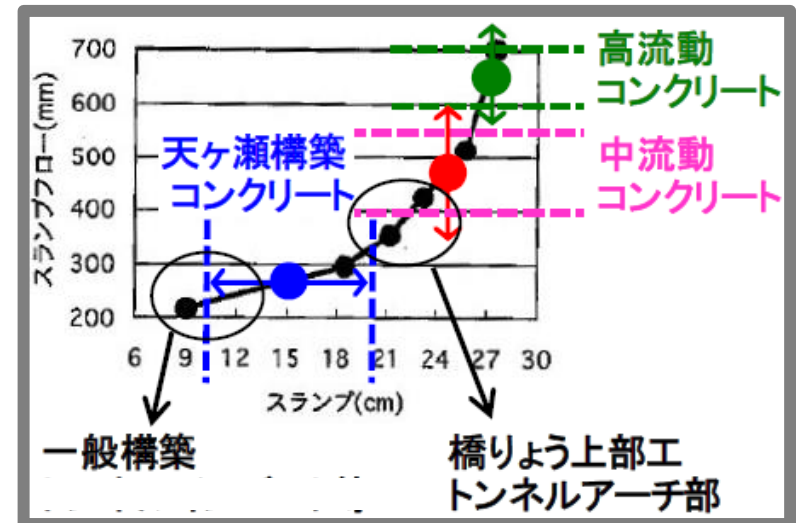
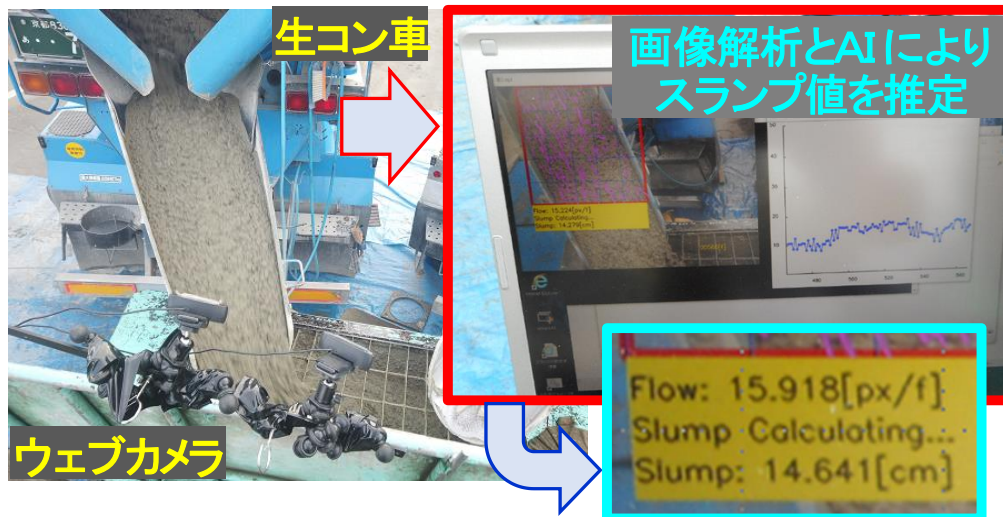
2019追加PRISM⇒

- ・全数管理の適用性拡大/検証
- ・現場実装に必要な技術基準の提案

2020年度(2019追加)試行の概要

2019試行「画像からスランプ値をAI判定する全数計測」により

- ・普通スランプのほか中流動コンや高強度コンなど幅広いコンクリートについて、従来のサンプル調査との代替性を評価
- ・全数調査時の管理基準の考え方を検討、技術基準の改定案を示す



スランプ・単位水量とともに空気量・温度測定も全数化、圧縮強度の全数推定も可能とする(追加の目標)

画像データベースの取得と
実施工での精度の検証
(+直轄4工事)

従来のコンクリートの現場受入れ試験を代替

●長年行われてきた手法

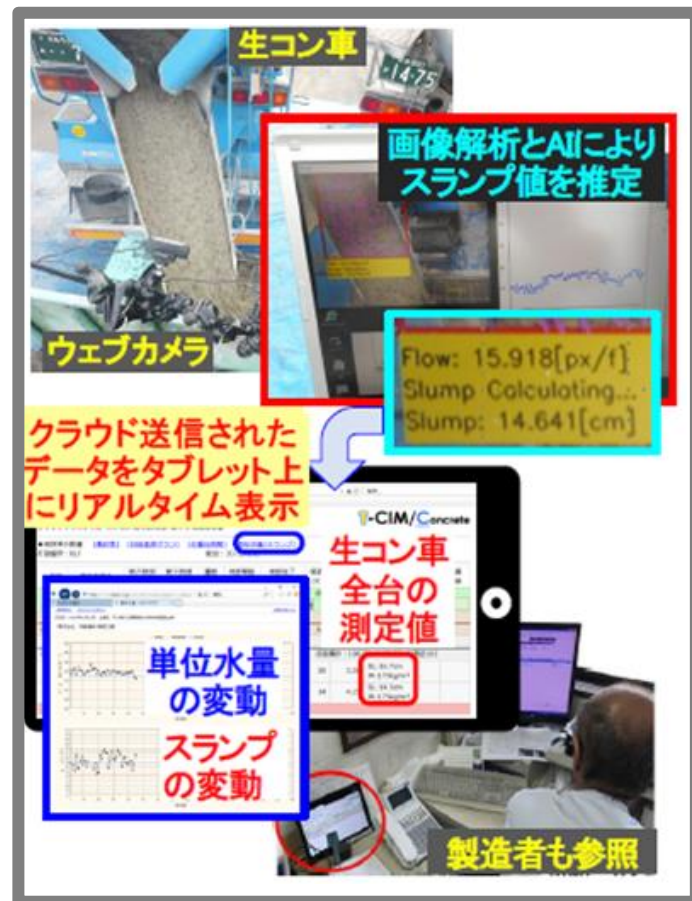


・生コン車5～35台に1回 紙ベース提出

- ・全数品質確認
- ・クラウドでリアルタイム共有

無人化/自動化への期待

●新しい手法



画像解析とAIによるスランプ値の全数測定

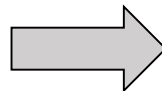
自動車の自動運転に使用される画像解析技術を適用

画像解析により流速・流量・シュート角を検知⇒AIによりスランプを推定



データベース取得と現場試行による目標成果

DB取得

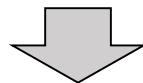


施工現場での試行

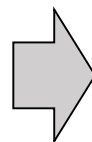
シュート流下画像取得→AI学習

仕様・材料・配合の異なるコンクリート

- 中流動コン: スランプ[°]フロー50cm
- 一般躯体: スランプ[°]12cm(普通強度)
- トンネル覆工: スランプ[°]15cm(貧配合)
- PC上部工: スランプ[°]18cm(富配合)
- ・高流動コン: スランプ[°]フロー65cm
- ・(2019)天ヶ瀬・構築/スランプ[°]15cm



サンプリング値とAI推定値
の適合性の評価

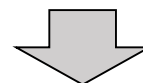


スランプ 全数管理

- 天ヶ瀬
トンネル覆工
- 藤沢立坑
地下構築
- 荒島
トンネル覆工
- 熊野川河口
大橋 張出工

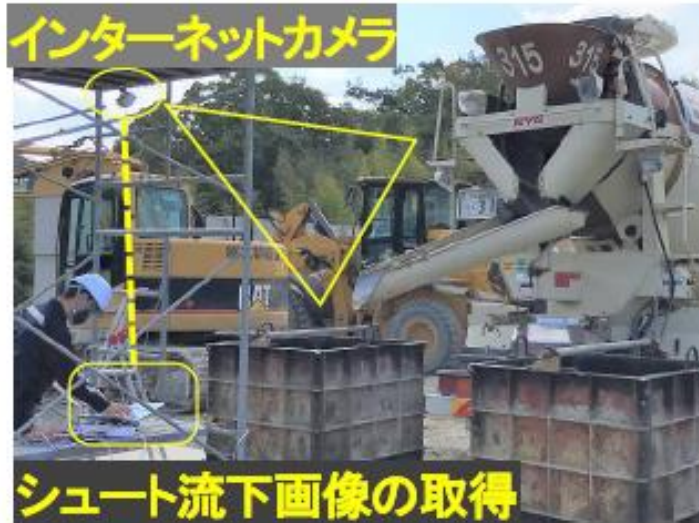
空気量
/温度
/圧縮強
度(推定)
について
の全数計
測手法

○天ヶ瀬
トンネル
覆工



全数管理時の基準の考え方
(スランプ測定)

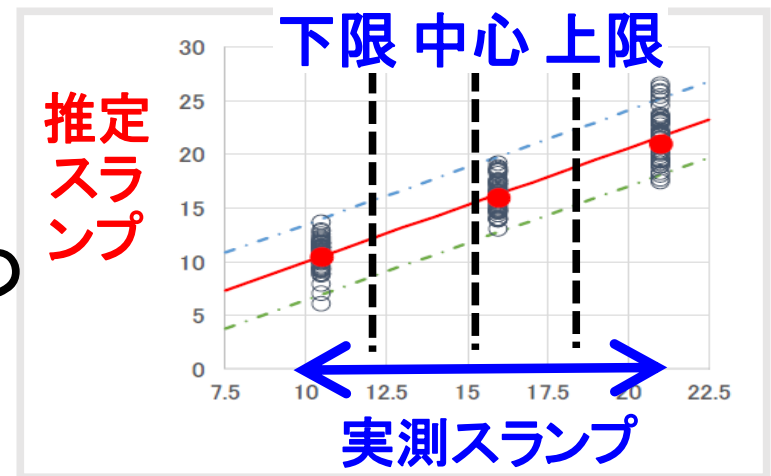
データベースの取得⇒AI学習⇒精度検証



現着の目標スランプ値と、 $\pm 2.5\text{cm}$ の上下限を上回るスランプの大/中/小
(骨材の表面水率の錯誤による水量差)
コンクリートの排出量の大/中/小
(運転手さんの感覚による)と、
シュート角度(15° , 19° , 23°)
を変えたシュート排出画像を取得



⇔
推定
スランプの
適合性
評価

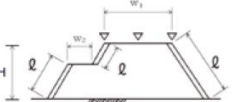


実際作業におけるポンプホッパへの投入のランダムさをAIで評価

基準化/既往のICT管理を参照

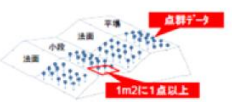
3次元計測により計測された3次元点群データによる効率的な出来形管理を導入

従来
既存の出来形管理基準では、代表管理断面において高さ、幅、長さを測定し評価



<例：道路土工（盛土工）>
測定基準：測定・評価は施工延長40m毎
規格値：基準高(H)：±5cm
法長(L)：-10cm
幅(W)：-10cm

i-Construction
UAVの写真測量等で得られる3次元点群データからなる面的な竣工形状で評価



<例：道路土工（盛土工）>
測定基準：測定密度は1点/m²以上、評価は平均値と全測点
規格値：設計面との標高較差（設計面との離れ）
平場 平均値：±5cm 全測点：±15cm
法面 平均値：±8cm 全測点：±19cm
※法面には小段含む

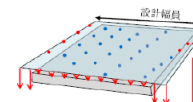
従来と同等の出来形品質を確保できる面的な測定基準・規格値を設定

←UAV

T.S. ↓

規格値
計測点数が増えるのに伴い、検査基準を改定

ICT舗装工



点群1点毎に個々の測定値の規格値以内

測定間隔	計測手法	計測箇所	個々の測定値	全点平均	計測密度および測定間隔	計測手法	備考
000m ² 毎	コア採取	工	鉛直較差あるいは厚さ	0	0点	LS	*標高較差とは、直下層の目標値と直下層の標高較差平均値+設計厚として定まる目標高さに対する標高差・個々の計測値の規格値には同等精度として±4mmが定められている
80m毎	テープ 3mプロ フィル メーター 等	中規模 小規模	平坦性	-2	-3m ² 以上	LS	
1.5m毎			平坦性	2.4以下	1.5m毎	LS	

基本的に出来形なので、
検測するものの種類と
測点数(密度)に依存
→測定するものの精度
に疑いはない

計器を指定することで、
その誤差も含まれている

施工履歴データを用いた
出来形管理の監督・検査要領

平面はTS検測であるが、**深度方向の検測に
施工履歴データ**を使用(使用機種のパフォーマンスに依存)

① ICT 地盤改良機械

測定精度	施工履歴データを用いた出来形管理要領（表層安定処理等・中層地盤改良工事編）（案）「参考資料-3 精度確認試験結果報告書」の「2. 実施方法」による精度確認試験結果を受取り、必要な計測精度を満たすICT地盤改良機械であることを確認する。
------	---

機械そのもの(計測システム)の精度確認を求めている

⇒本手法に類似

※精度確認試験は当該現場において施工着手前に実施したものであること。

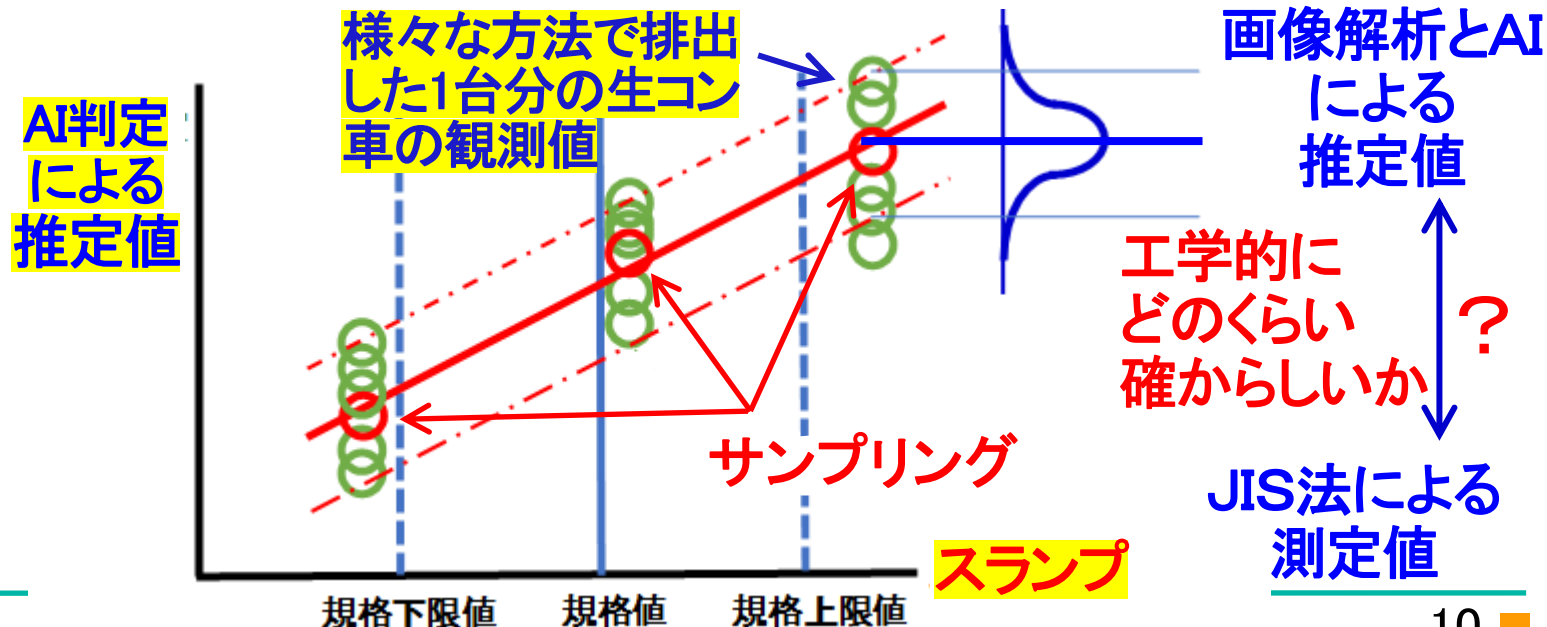
全数計測装置の精度の考え方

「〇〇〇要領」(案)の文章を書き換えると・・・

⇒〇〇〇〇管理要領(案)「参考資料-3 精度確認試験結果報告書」の
「2. 実施方法」による精度確認試験結果を受理し、
必要な計測精度を満たす「スランプ全数計測装置」であることを確認する。
※精度確認試験は「当該現場に納入するコンクリート」について、
施工着手前に実施したものであること。

⇒ 精度確認に、DB取得のプロセスを利用可能

当該現場
の配合
↓
精度確認
試験
↓
AI判定
精度確認

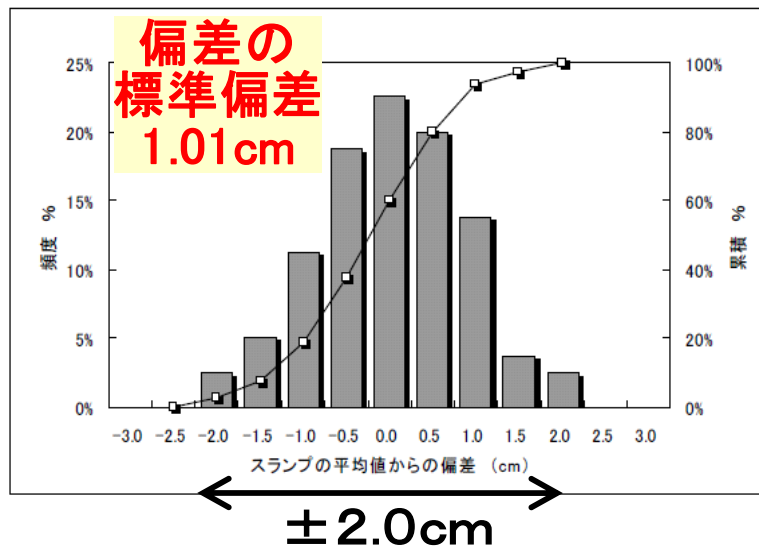


サンプリング手法とAI推定のばらつきの比較

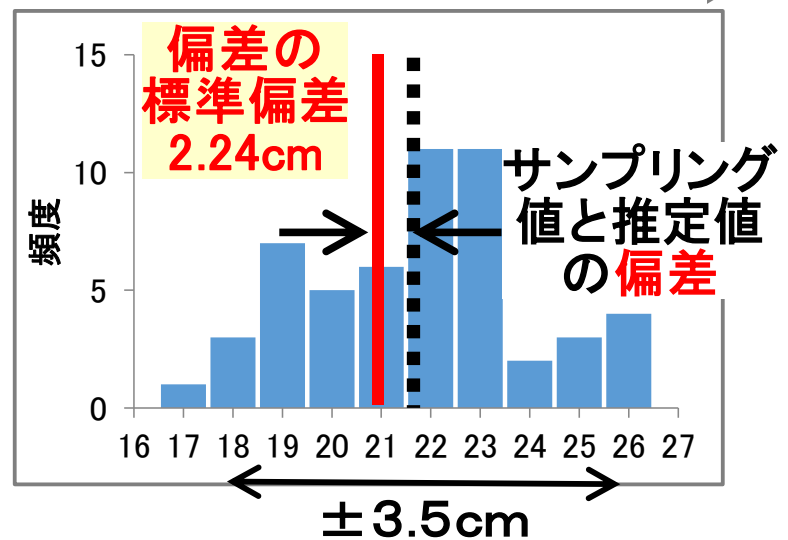
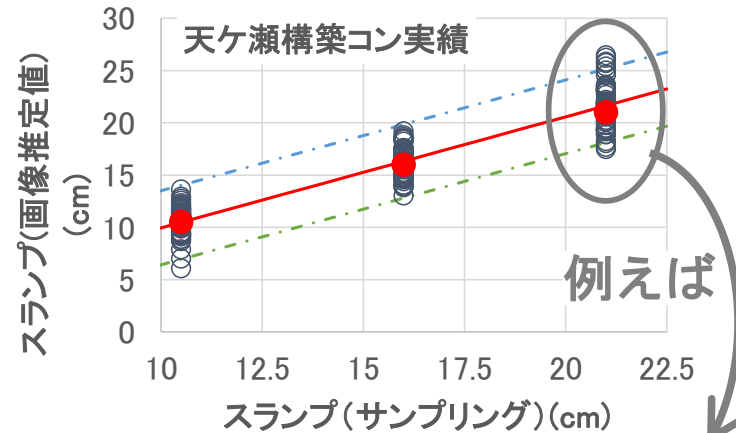
従来のサンプリング (生車コ1台相当)

(財)建材試験センター: 工業標準化JNLA 制度における測定の不確かさ推定 (中略) に係る調査委託報告書, H17.3 より

生コン車1台分として:
 同じ配合を10バッチ練混ぜ、
 バッチ毎に、8人でスランプを測定
 (スランプ18cmの場合のみデータあり)



全数測定 (画像解析+AI推定)

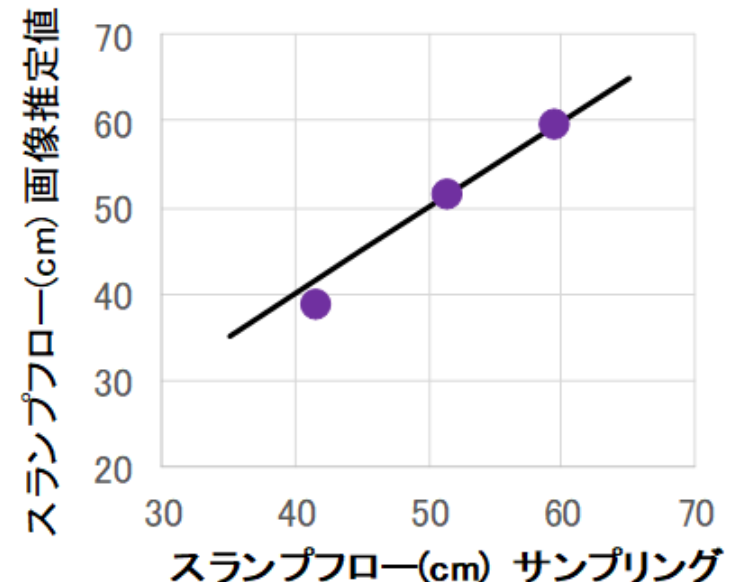
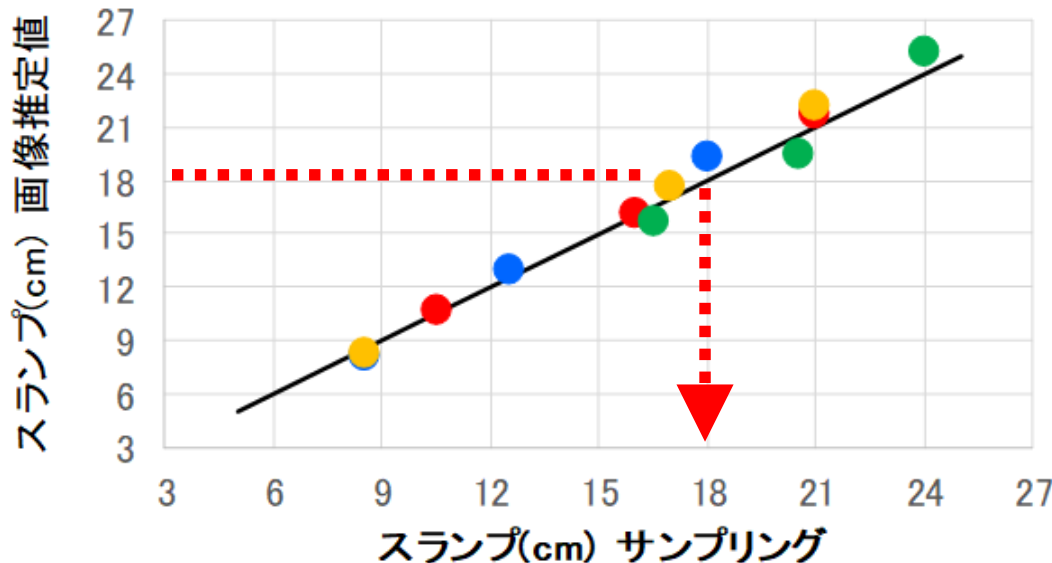


様々な配合に対するスランプ推定の適合性

様々なコンクリート(スランプ:9~24cm, スランプフロー40~60cm, 水セメント比34~59%, 単位セメント量285~522kg/m³の範囲においても、スランプ値を99%の信頼度で推定可能

- 天ヶ瀬構築: C=386kg/m³, W/C: 44%, スランプ°15cm
- 藤沢立坑躯体: C=320kg/m³, W/C: 53%, スランプ°12cm
- 熊野川上部工: C=522kg/m³, W/C: 34%, スランプ°18cm
- 荒島T覆工: C=285kg/m³, W/C: 59%, スランプ°15cm

- 天ヶ瀬中流動コン:
C=389kg/m³, W/C: 45%,
スランプフロー50cm



様々な配合での予測値の推定のばらつき

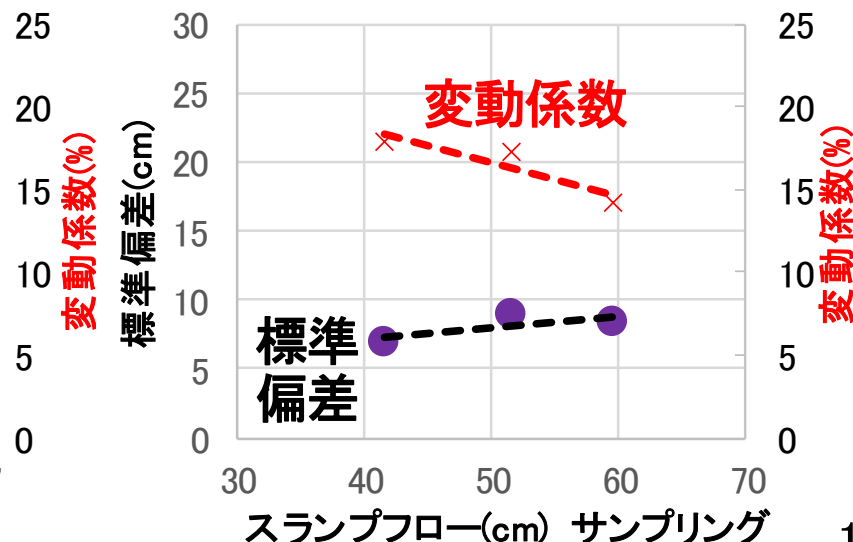
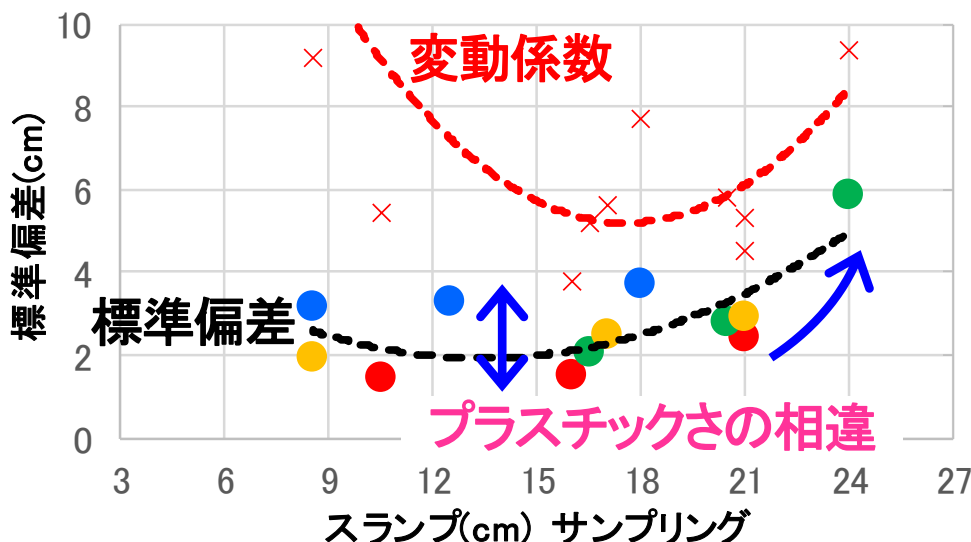
ある精度でのスランプ（フロー）の予測が可能であるが、
コンクリートによってばらつき範囲に差（プラスチックさの相違？による）

サンプリング値の標準偏差1.0cm（スランプ18cm）に対して、スランプ8～21cmの範囲で、2.0～3.5cm程度の標準偏差

スランプフローの標準偏差7.5cmは、スランプのおおむね2.5cmに相当

- 天ヶ瀬構築： C=386kg/m³, W/C: 44%, スランプ°15cm
- 藤沢立坑躯体： C=320kg/m³, W/C: 53%, スランプ°12cm
- 熊野川上部工： C=522kg/m³, W/C: 34%, スランプ°18cm
- 荒島T覆工： C=285kg/m³, W/C: 59%, スランプ°15cm

- 天ヶ瀬中流動コン： C=389kg/m³, W/C: 45%, スランプ°フロー-50cm



施工現場への適用(藤沢立坑工事の例)

画面更新 13:39 現在 [メニューを開く]

2020年10月27日 R.1 横浜湘南道路藤沢立坑その2工事

T-CIM/Concrete

荷卸済み数量 【集計表】 【打設進捗グラフ】 【打重ね時間】 【運搬車位置】 【単位水量/スランプ】 合計:992.75/1018.23m³(97.5%)

打設箇所:1連底版 ポンプ車① 配合:27-12-20BB 打設累計:549.25/508.65m³(108.0%)

打設箇所:1連底版 ポンプ車② 配合:27-12-20BB 打設累計:443.50/509.58m³(87.0%)

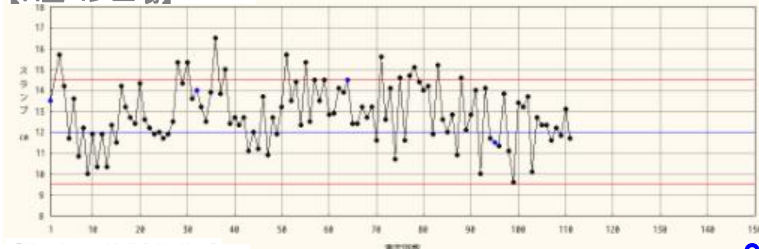
出荷順	運搬車番号	納入時刻 発	納入時刻 着	運搬 (分)	荷卸開始 時刻	荷卸完了 時刻	経過 (分)	納入 (m³)	備考	品質 試験
【運搬中】										
27-										
【荷卸中】										
1連底版	ポンプ車①									
1連底版	ポンプ車②									
【荷卸済】 ※直近2台										
1連底版	ポンプ車①									
111										
110										
1連底版	ポンプ車②									
99										
98										

インターネットカメラで撮影



全数計測値をクラウドで共有

【A生コン工場】



【B生コン工場】



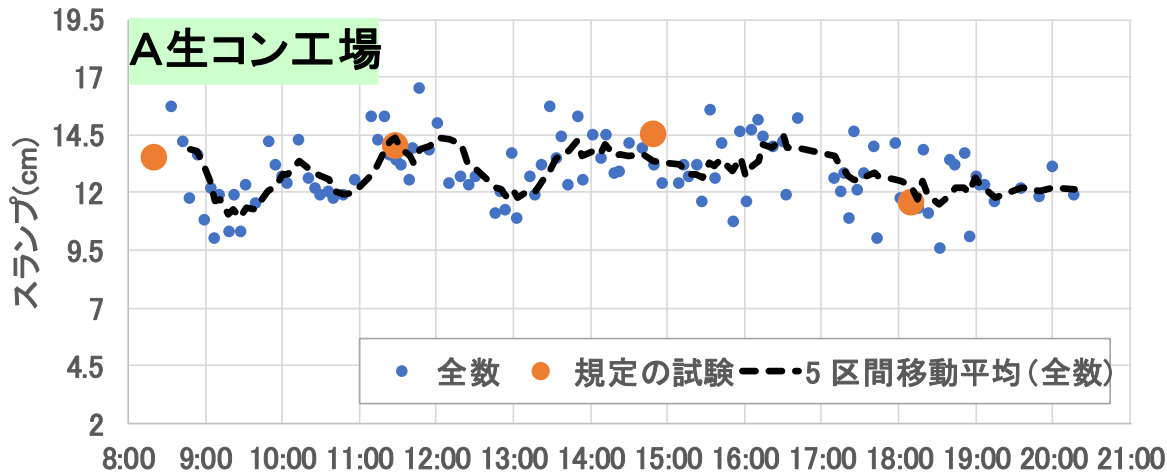
スランプの
全数ログ

T-CIM/Concreteの
表示画面に反映

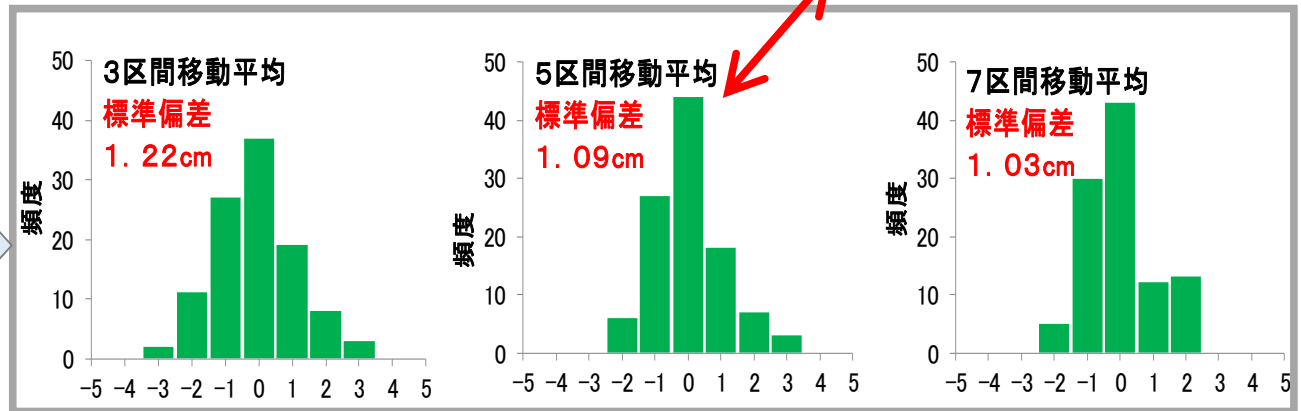
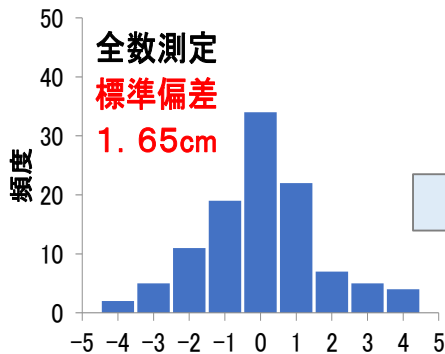
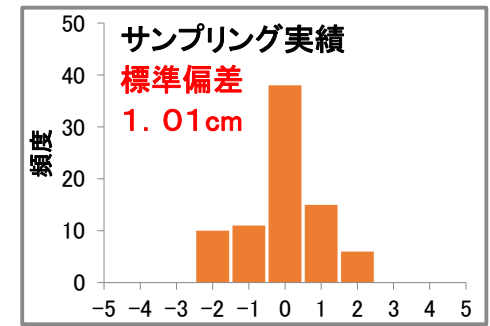


画像解析とAIによるスランプ推定

実測スランプとAI推定スランプの偏差



スランプ試験自体の誤差
(建材試験センター報告)

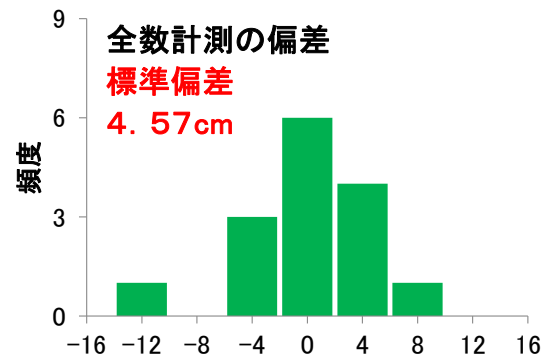
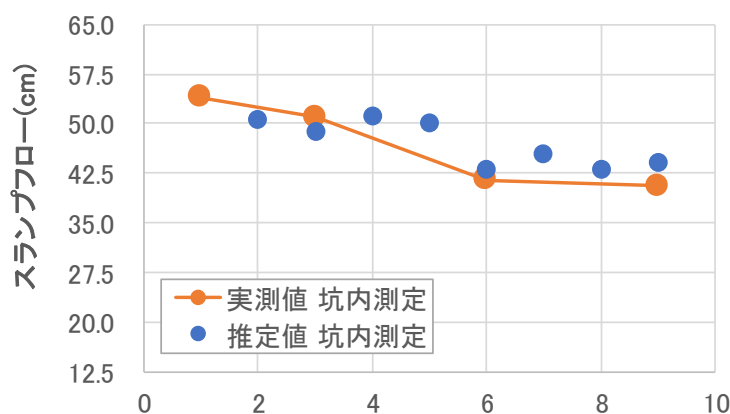
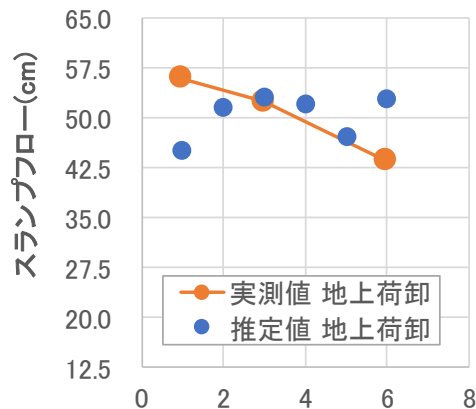


全数測定値を移動平均表示とすることで、
通常のスランプ試験のばらつきとおおむね同等

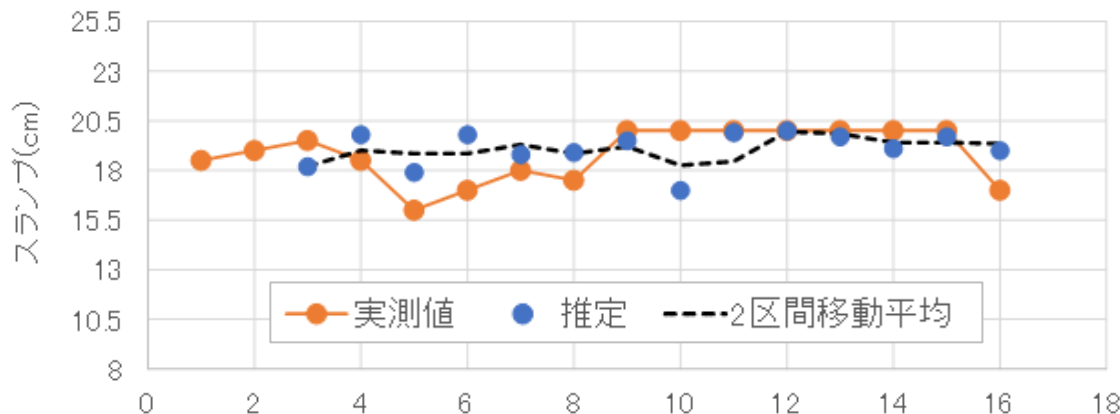
× 移動平均しすぎると
正規分布でなくなる
(適切な平均表示がある)

中流動コン/高強度コンのスランプ(フロー)

●天ヶ瀬覆工: 中流動コン(スランプフロー50cm)



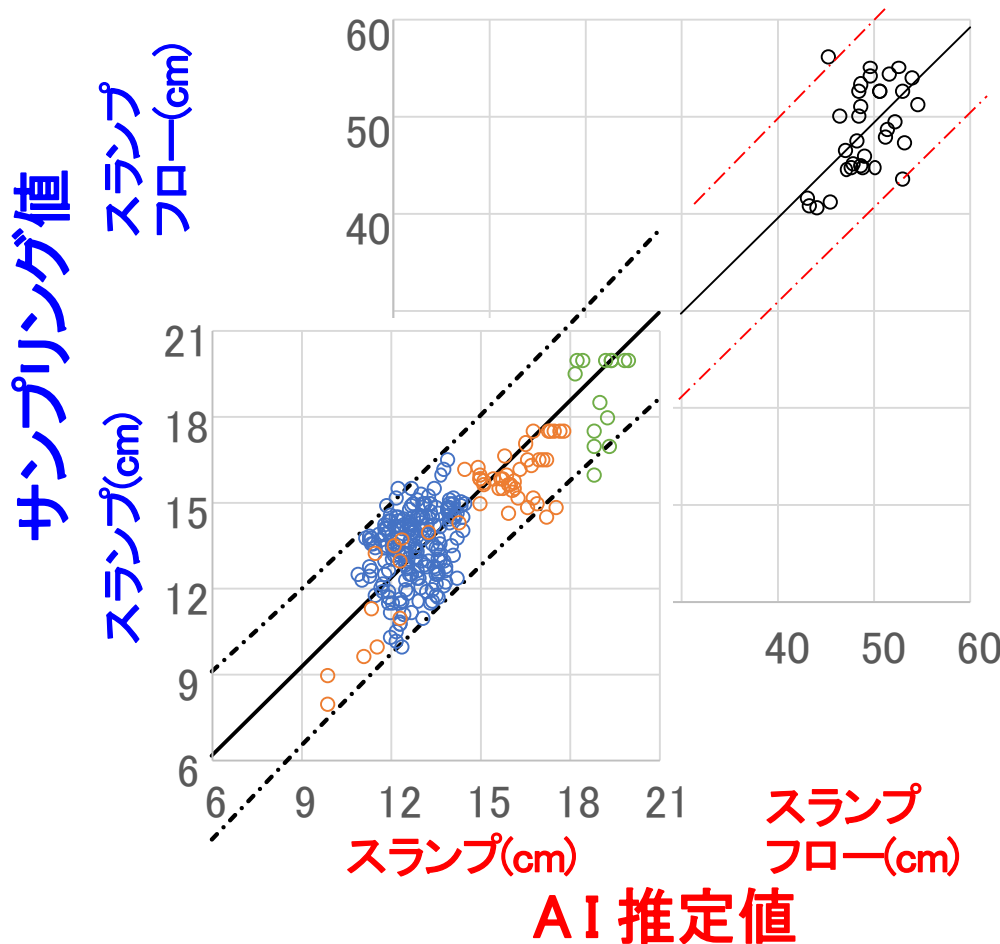
●熊野川PC上部工: セメント量522kg/m³・水セメント比34%(スランプ18cm)



⇒特殊なコンクリートに対しても、スランプ(フロー)の変動をモニタできる

4現場での推定結果のまとめ

- 仕様・材料・配合の異なるコンクリートに適用した場合でも一定の精度で、スランプの推定が可能であると評価



中流動コンクリートも
スランプコンと同じよう
に適用可能

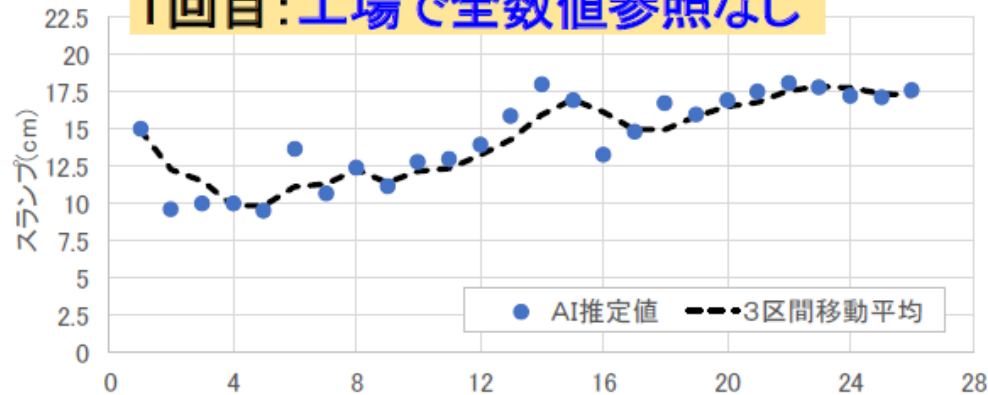
- 藤沢立坑5区間
- 荒島T13区間
- 熊野川2区間
- 天ヶ瀬中流動
- 予測値
- 下限 95.0%
- 上限 95.0%

取得データを分析
することで、更なる
推定精度の向上を検討

全数測定値のフィードバックによる品質改善

●全量計測値のクラウド共有によるフィードバックによる効果を確認

1回目: 工場で全数値参照なし

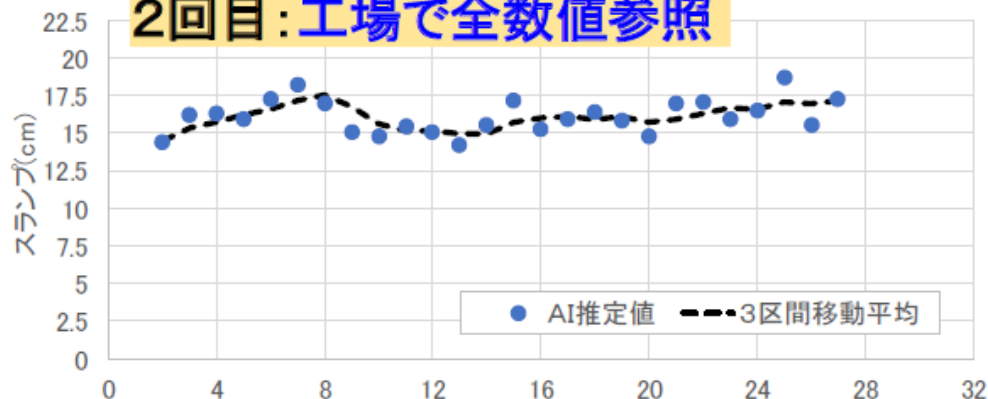


	全数計測
平均 (cm)	14.5
標準偏差 (cm)	2.94
変動係数 (%)	20.4

2回目

スランプ全数を
タブレット画面
で共有

2回目: 工場で全数値参照



	全数計測
平均 (cm)	16.2
標準偏差 (cm)	1.12
変動係数 (%)	6.95

全数計測値参照により
変動が1/3程度以下

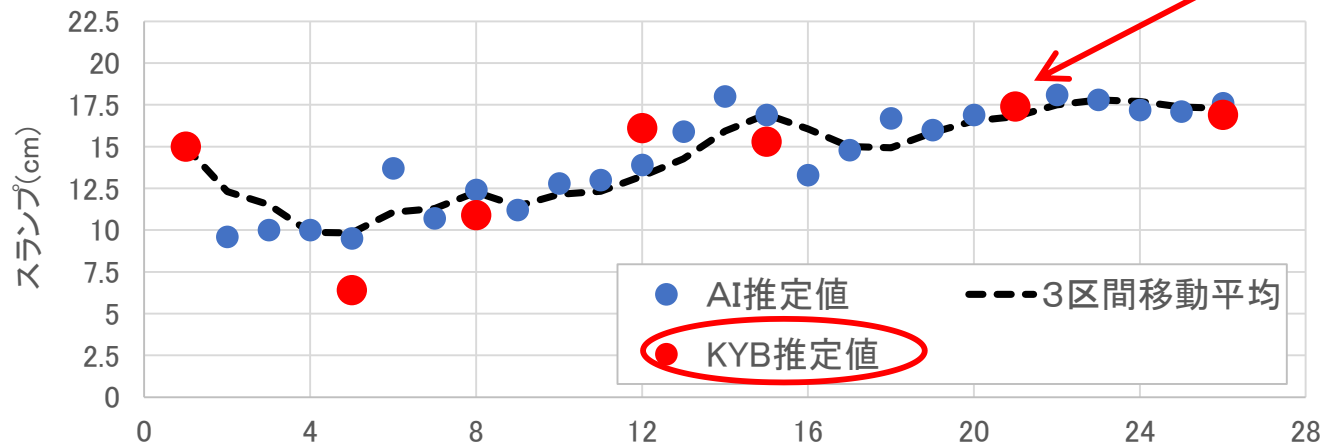
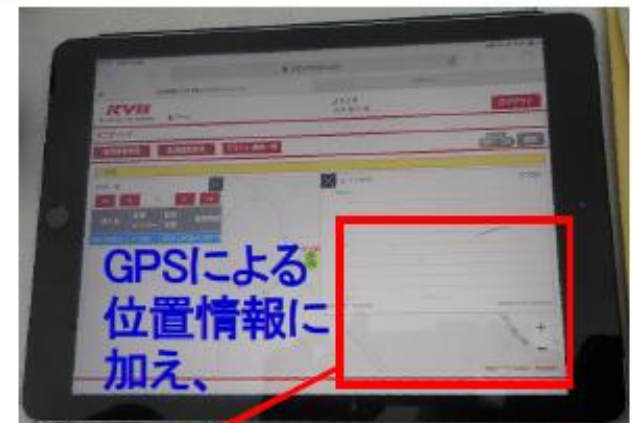
アジテータトルクで運搬中のスランプをモニタ

●荒島覆工：トンネルコン(スランプ15cm)の運搬で試行

●KYB 情報システム搭載ミキサ車使用



運搬中のトルク変化を検知

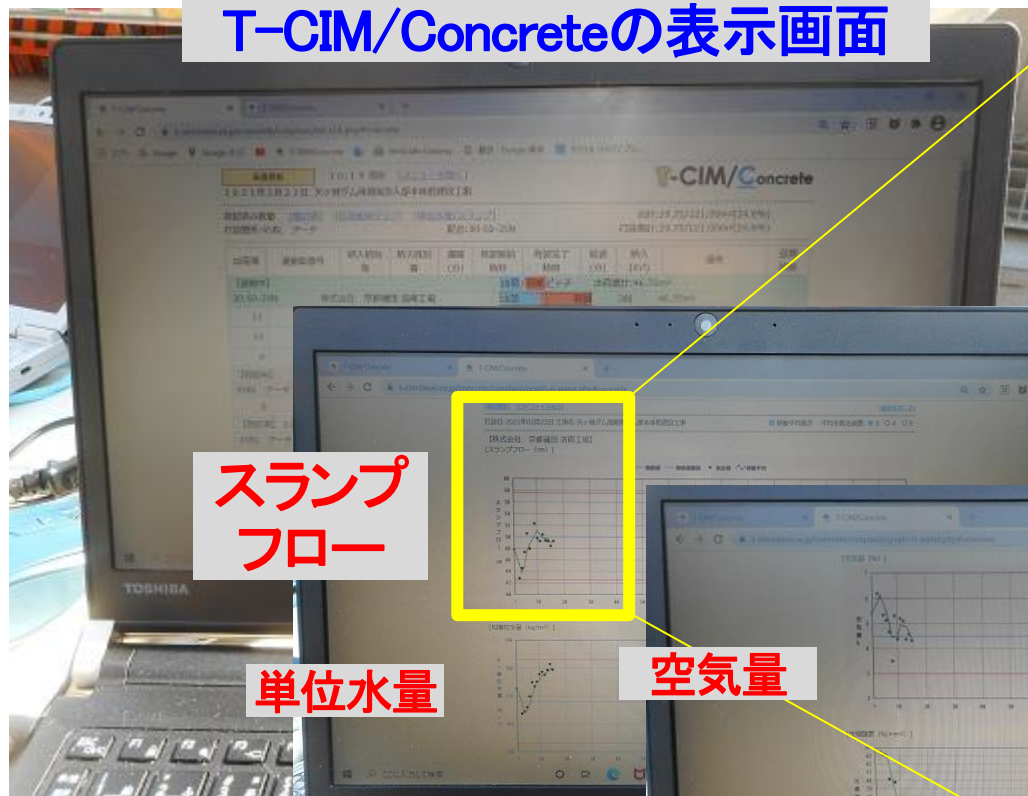


生コン性状係数を
スランプ値に変換
して表示

現着スランプに
ついての適合性
を確認

天ヶ瀬: 全数管理状態のモニタとフィードバック

T-CIM/Concreteの表示画面

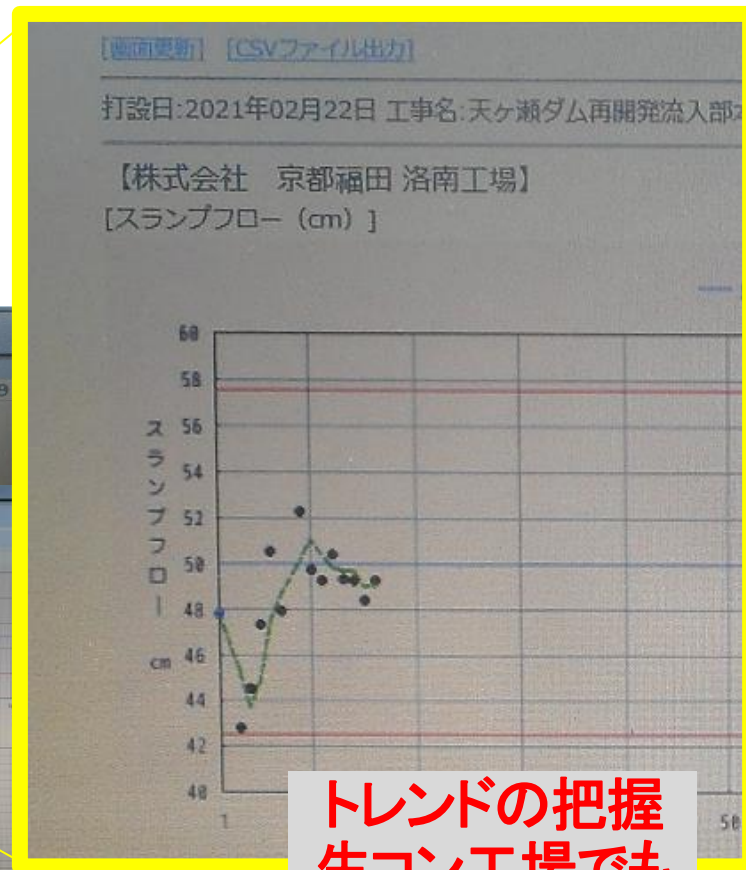


スランプ
フロー

単位水量

空気量

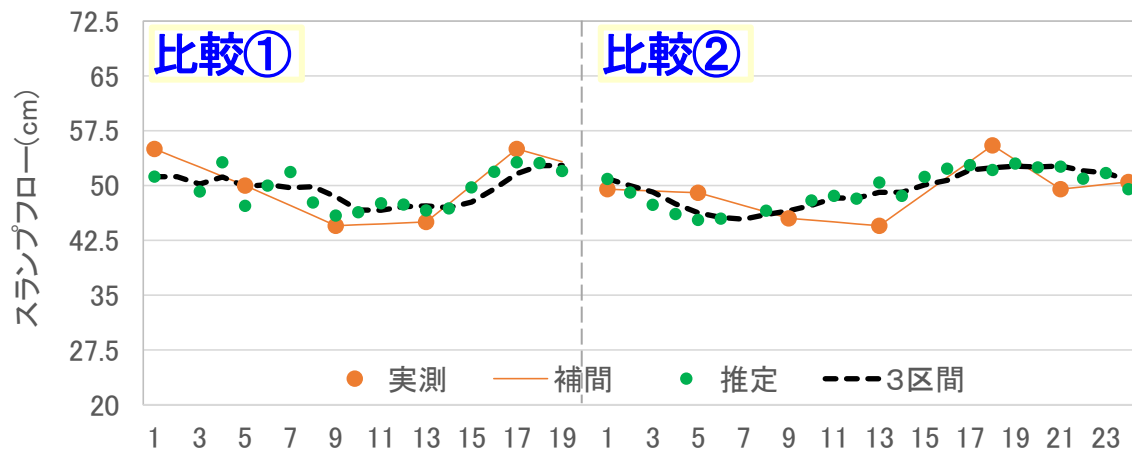
圧縮強度



トレンドの把握
生コン工場でも
同じ画面を共有

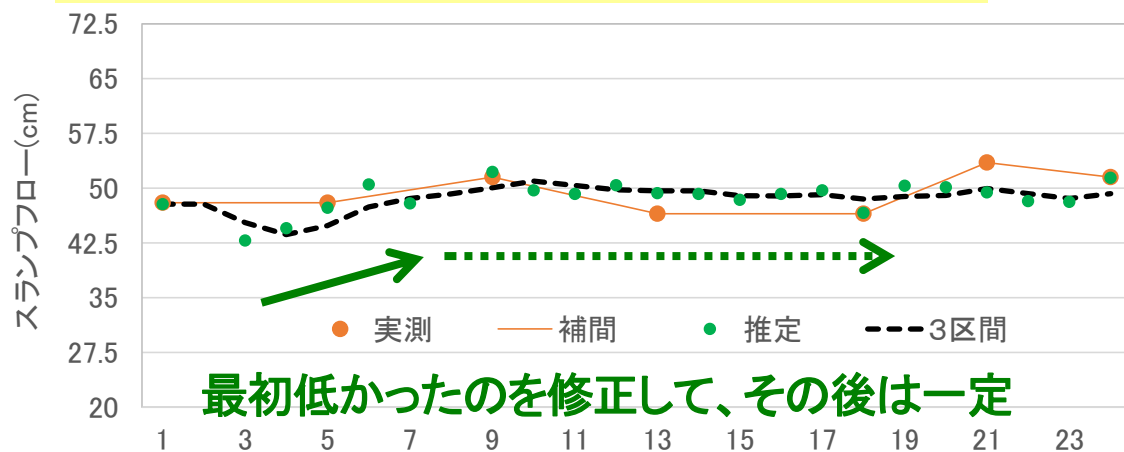
天ヶ瀬・中流動:全数管理による品質向上効果

製造者が全数計測値を参照しない場合



	比較①	比較②	平均
平均 (cm)	49.9	48.1	49.5
標準偏差 (cm)	5.13	3.59	4.09
変動係数 (%)	10.3	7.3	8.3

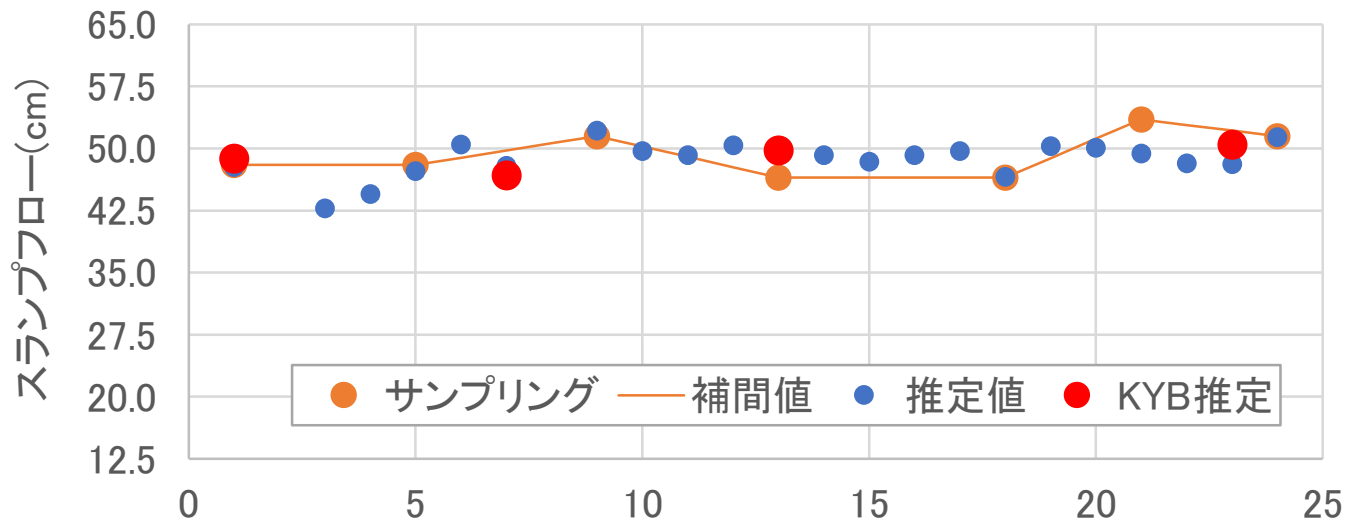
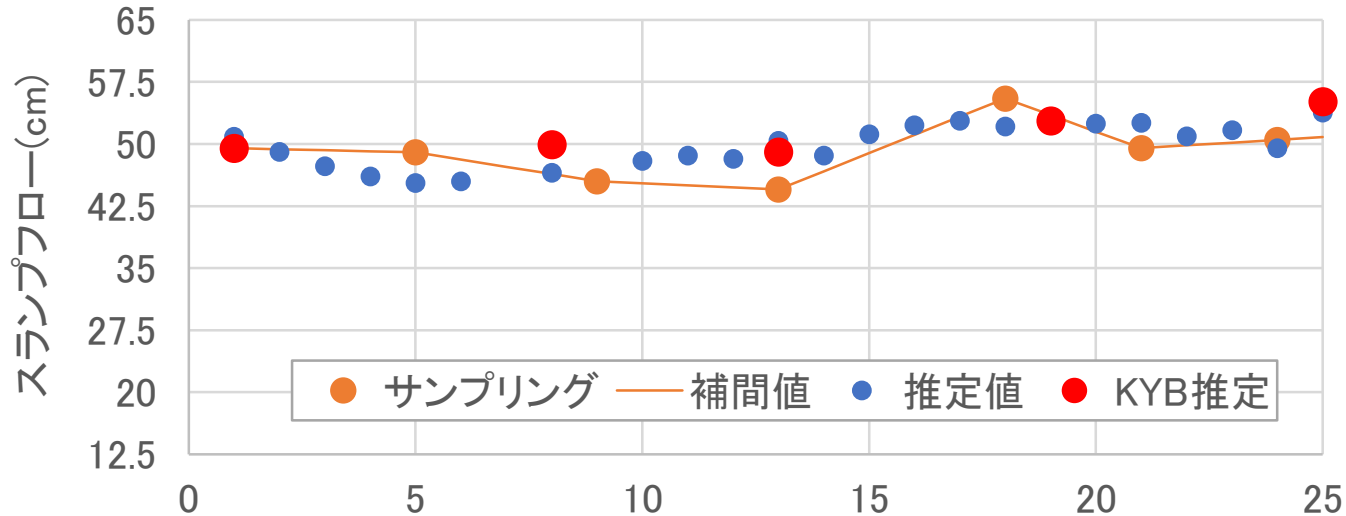
製造者が全数計測値を参照した場合



	全数計測値を製造者も参照	変化比率
平均 (cm)	49.4	—
標準偏差 (cm)	2.78	32% 減
変動係数 (%)	5.6	(2/3)

天ヶ瀬・中流動：全数管理＋ミキサトルク推定

AI推定と、トルク推定は同じ： アジテータ1台の全部を評価している？

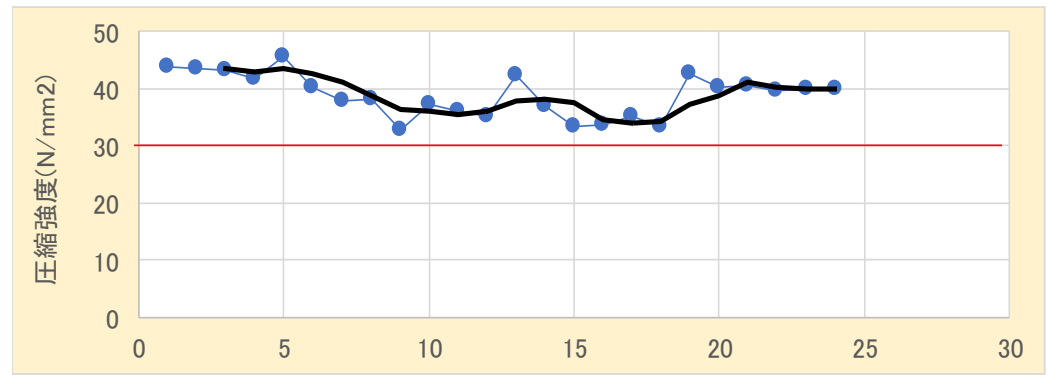
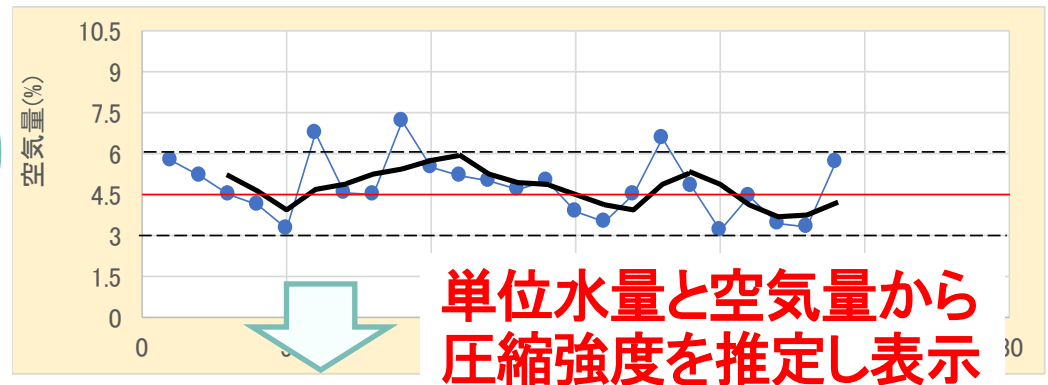
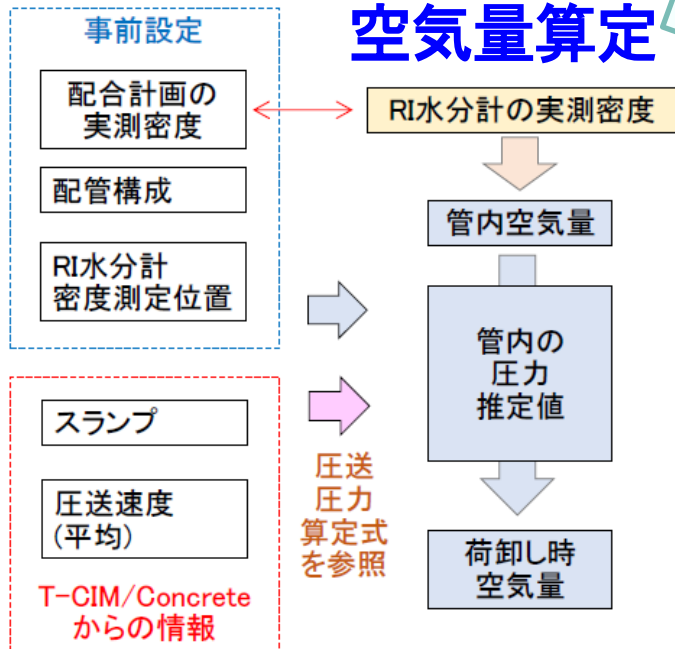


空気量と圧縮強度の全数表示の試み


- 現場でのコンクリート試験1式(塩化物イオンは除く)の全量化
スランプ・単位水量とともに**空気量**・**温度測定も全数化**、
圧縮強度の全数推定も可能とする



空気量算定

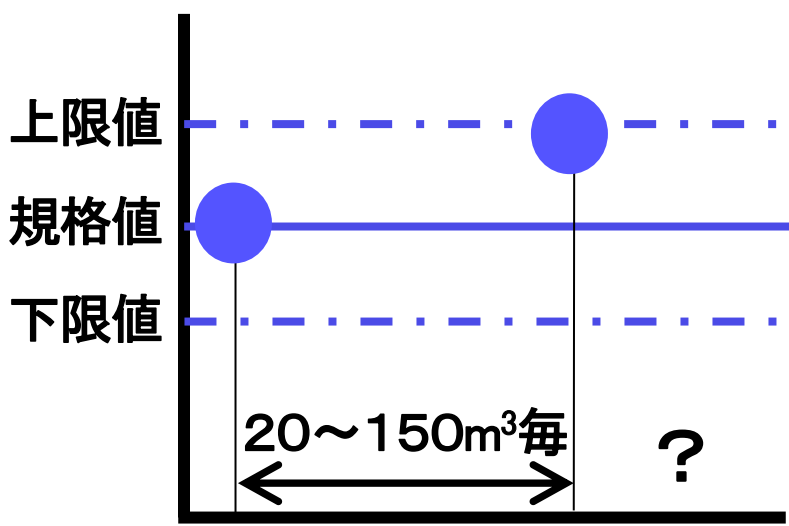


現行のサンプリング手法の全数管理との代替

	現行手法	全数管理	効率化・高度化
手法	生コン車のサンプリング 試料についてスランプ試験	生コン車のシュート流下画像を解析、AIがスランプを判断	○現場の試験業務が不要(クラウド上で確認)
頻度	構造物種類によるが、20～150m ³ 毎, 生コン車5～35台毎	生コン車の全数	○いままで知りえなかった値も確認可能
管理	工場に電話等で連絡し調整を依頼	タブレット上にリアルタイムに表示し、共有	○状況を即時に把握し調整可能
記録	所定用紙に結果を記録、写真を撮影し、まとめて提出	クラウド上への保存(日報の自動出力も可能)	○紙書類の作成・提出手間の削減
確認	品質規格値への適合	施工中はトレンドを評価 →最終的には規格値と比較	○構造物の全体を評価といえる
課題	なし	従来のサンプリング値に対応した規格値に対して、全数管理を前提とした評価方法・管理方法を案出	 効率的で高度な管理が可能

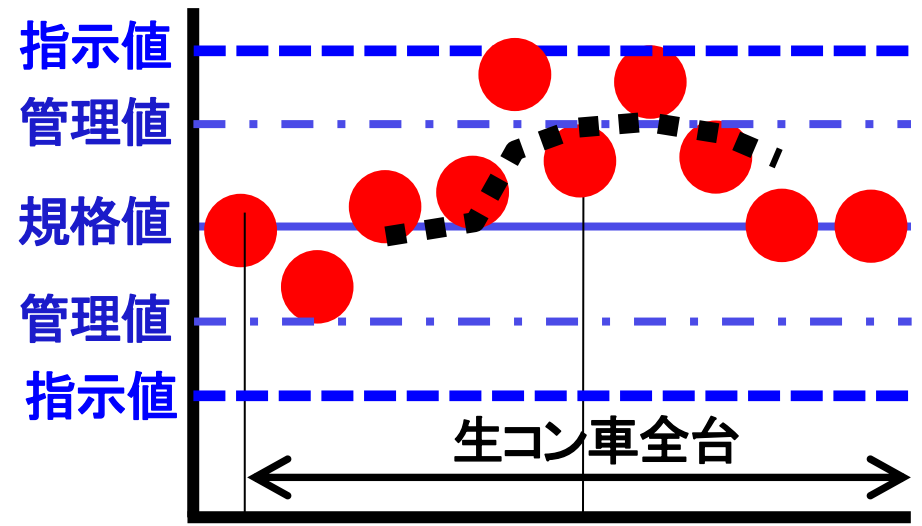
全数管理時の品質基準の考え方(検討中)

<現行の手法:サンプリング>



- ・スランプ試験(サンプリング)の誤差±2cm
- ・精度確認試験の結果により設定

<本提案:全数調査>

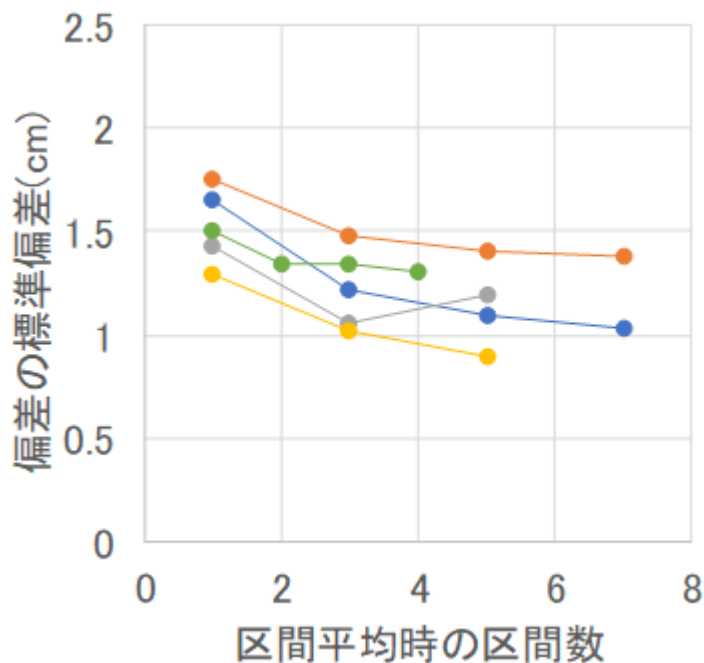


- ・スランプ推定の誤差が±3.5cmであれば、(例えば) $3.5 - 2 = 1.5\text{cm}$ を上乘せする
- ・区間平均表示によりばらつきを平準化し、スランプの変化トレンドを把握(報告値?)

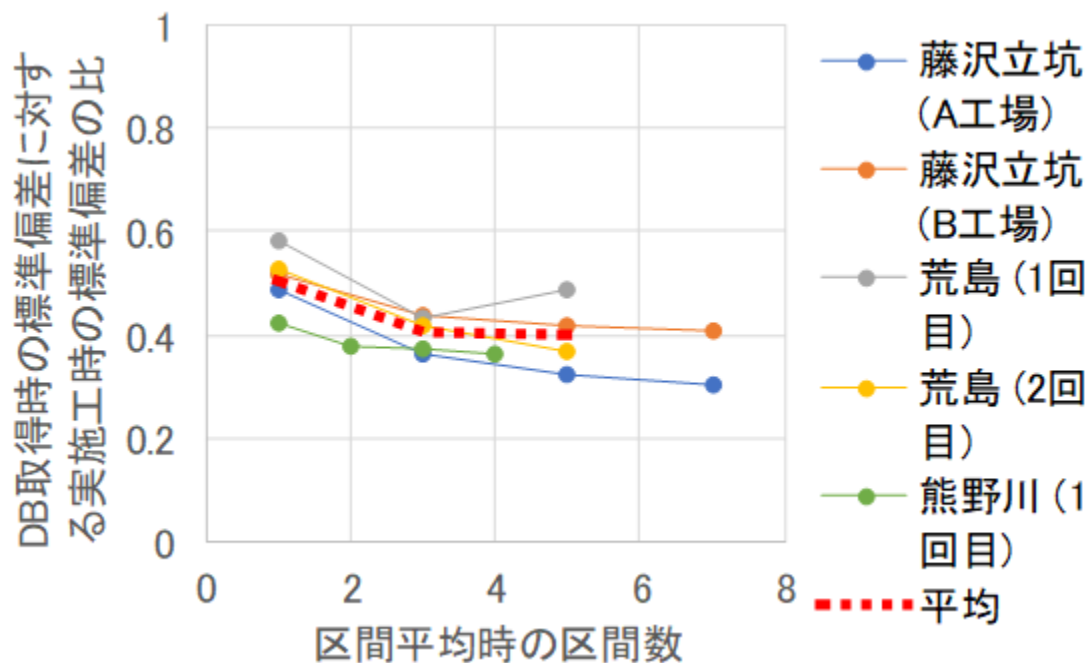
➡ 監督・供給・施工の三者ともにメリットがあり、納得できる「管理基準の改定案」を検討

全数管理時の品質基準の考え方(検討中)

実施工における AI推定値の偏差の標準偏差



データベース取得時の標準偏差で 無次元化したばらつきの程度



- ・実施工の偏差の標準偏差: 2.5cm ⇒ 実施工は1/2程度
- ・コンクリートそのもののばらつきで変わる
- ・3区間平均にすると $2.5\text{cm} \times 0.4 = 1.0\text{cm}$ (サンプリングとおおむね同じ)

T-CIM/Concreteの画面で説明

天ヶ瀬3期工事 トンネル覆工中流動コン施工



スランプフローのコンクリートにも適用可能

