

# 人的資本経営のための 地理情報インテリジェンス

蔵田 武志<sup>1,2,3</sup>

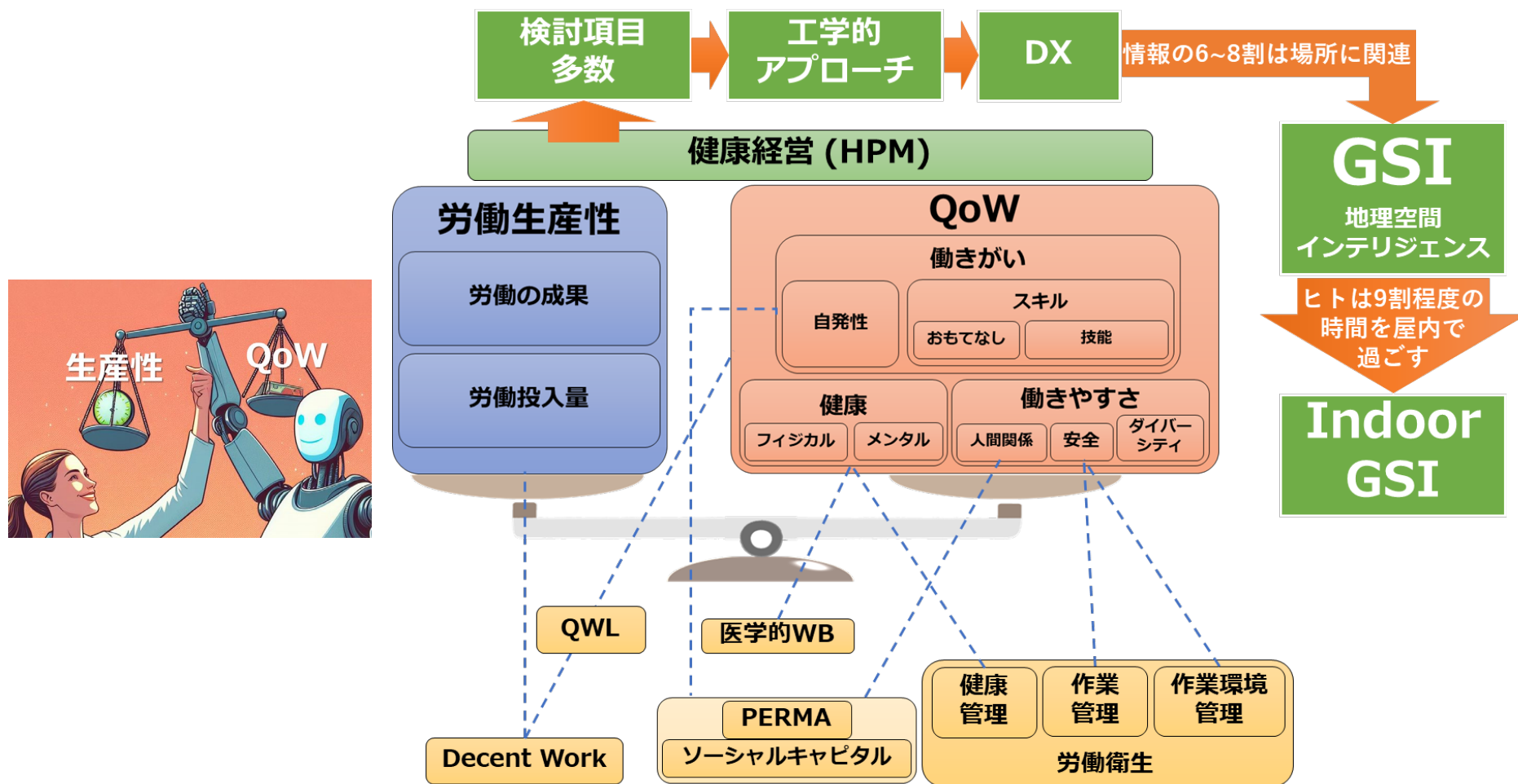
<sup>1</sup>国立研究開発法人 産業技術総合研究所 人間拡張研究センター 副研究センター長

<sup>2</sup>筑波大学 システム情報系 教授（連携大学院） 応用サービス工学研究室

（システム情報工学研究群 知能機能システム学位プログラム）

<sup>3</sup>名古屋大学 未来社会創造機構 客員教授

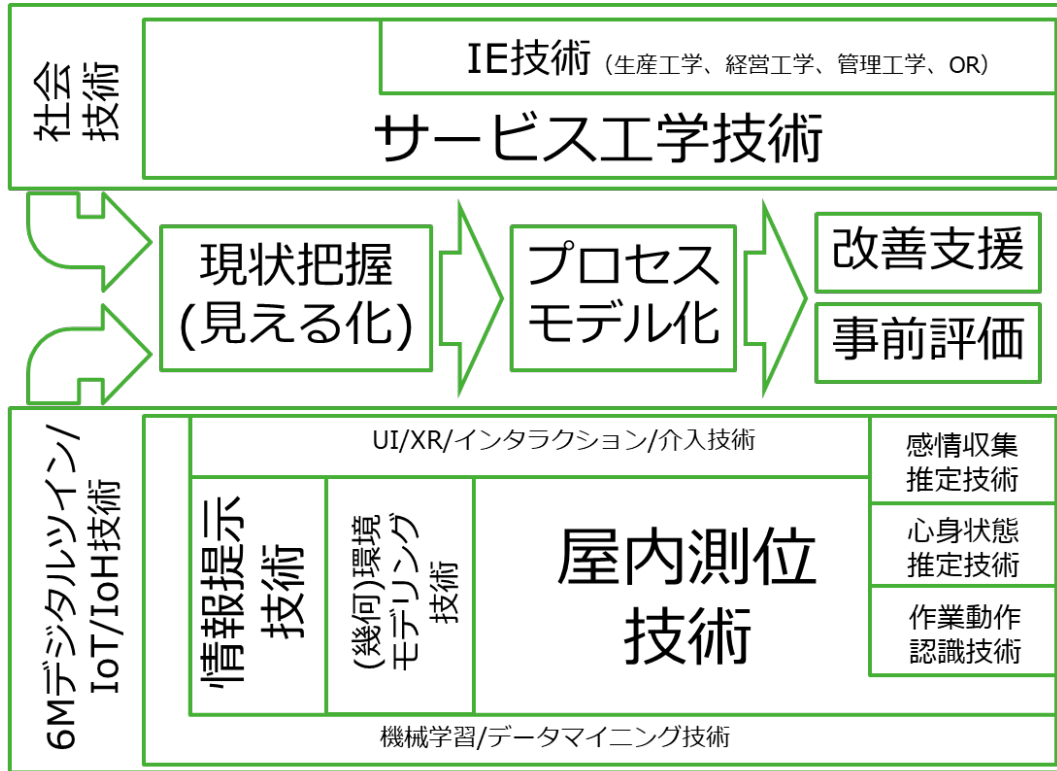
# 生産性+QoW=健康経営 → 人的資本経営へ



- QoW (Quality of Working Life): 産業競争力懇談会 (COCON) の2016年度の事業提言の1つ
- QWL (Quality of Working Life): 欧米で1960年代後半から注目され、70年代に国際労働機関 (ILO)、ヨーロッパ共同体 (EC)、経済協力開発機構 (OECD) 等が積極的に関与
- Decent Work: 1999年の第87回ILO総会において初めて用いられた概念
- HPM (Health and Productivity Management): 健康経営
- SDGs (Sustainable Development Goals): 持続可能な開発目標
- WB (Well-Being) : 1946年の世界保健機関 (WHO) 設立時に考案された憲章で言及
- PERMA: WB実現のための5要素 (Positive emotion (ポジティブ感情), Engagement (没頭), Relationship (関係性), Meaning (意義), Achievement (達成))

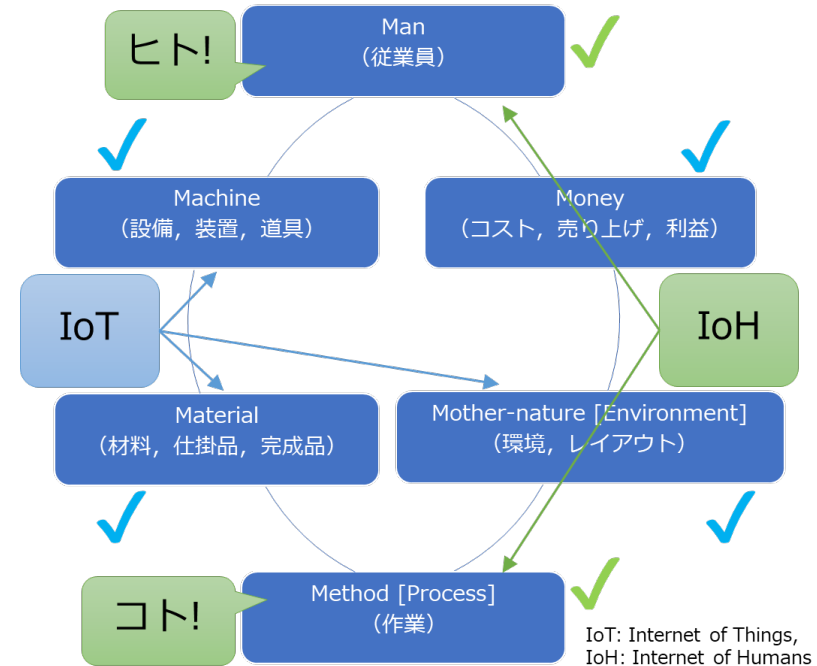
# 地理空間インテリジェンス (GSI)

- GSI: **位置情報を含む地理空間情報と他の情報とを連携**させて課題解決を支援する手段・技術・ツール
  - GEOINTは国防寄りのニュアンスが強いため、ここではGSIと記載
  - ロケーションインテリジェンスと呼ばれることも (GeoAIとも関連)



GSIの概念図

- IE: Industrial Engineering, OR: Operations Reserach
- UI: User Interface, XR: VR, AR, MR等の総称, AR: Augmented Reality, VR: Virtual Reality, MR: Mixed Reality



製造業の6M

IoT: Internet of Things, IoH: Internet of Humans

# GSIを用いて労働生産性とQoWについて扱ったサービス現場及び製造現場での事例

現場[対象]	実施年 文献	目的	方法	効果・成果	測位技術	評価・分析の内容【指標・コンテンツ】										
						労働生産性		QoW						働きやすさ		
						労働の成果	労働投入量・コスト	健康		動きが早い		自発性	人間関係・組織	環境・安全	ダイバーシティ	
								身体的負荷	メンタル	おもてなし	スキル					
介護付老人ホーム[ヘルパ、ナース]	2010 [25]	介護作業動線の現状把握	動線計測、記述統計、聞き取り	作業モデル化、課題の見える化	PDR+Active RFID+MAP	無駄な移動【動線】				個人スキル・チームワーク【動線】						
旅館[客室係(仲居)]	2011 [26]	スキル分析	動線計測、記述統計、回顧インタビュー	スキル把握						主観的スキル【疑似FPV動画、動線】						
日本食レストラン1 [接客係、接客補助係、配膳係]	2011 [27]	接客係のおもてなし改善		接客可能時間増加、追加注文増加		(上記に加えて)移動距離削減、スキルモデル化	追加注文数【POS】				接客時間【接客エリア滞在時間】	個人スキル・チームワーク【持ち場専念率・守備率】	改善提案	情報共有・業務実態透明化【各地理空間情報】		
	2012 [28]	接客係の身体負荷改善、スキル分析														
日本食レストラン2 [接客係、接客補助係、配膳係]	2014 [29]	新店舗立ち上げ支援	動線計測、記述・推測統計、QC活動	課題の見える化、各種改善効果確認、早期立ち上げ			労働生産性【人時売上高】				本末業務率【潜在ヒートマップ】					
日本食レストラン3 [接客係、接客補助係、配膳係]	2018-19 [30]	搬送ロボット導入効果確認		人時売上高増加、本来業務専念率増加							本末業務専念率【エリア潜在時間】					
高速道路SA [レストラン、フードコート、物販等従業員]	2022-23 [11][12][23]	多能工化の効果と影響の定量化/心身状態予測	動線計測、バイタル計測、記述統計、アンケート、聞き取り、非階層クラスター分析、深層学習	多能工化前後の作業パターン・各統計量比較/心身状態予測精度評価		PDR+BLE+MAP	売上高	従事者数、時給、業務時間長	身体的負荷【移動距離】	心理的負荷【感情価、覚醒度】	個人スキル・チームワーク【作業パターン、担当持ち場数】			主観的ES【アンケート、聞き取り】		
旅客機 [客室乗務員]	2015 [31]	客室乗務員の「気づき」学習を促進するための教育支援環境の構築	動線計測、記述統計、モデル化、回顧インタビュー	ドリンク提供時のスキルモデル化、教育支援							ドリンク提供スキル比較【動線】	振り返り	情報共有・業務実態透明化【各地理空間情報】			
オフィス [社員]	2016	オフィス環境改善(コミュニケーション・運動空間新設)	動線計測、記述統計	新設空間利用率向上、うんてい利用率向上(他の取り組みと合わせて営業利益増加)		RGB-Dカメラ	付加価値額【営業利益(率)】				うんてい利用率【エリア潜在時間】			コミュニケーションの記述統計【動線・エリア潜在時間】		
ビルメンテナンス [作業員]	2017 [4][32]	業務再編(多能工化)の効果と影響の定量化	動線計測、記述統計、アンケート、聞き取り	再編前後の効果と課題の明確化		PDR+BLE+MA	サービス品質【顧客クレーム】	事務所作業量、無駄な移動【動線】	身体的負荷【移動距離】	心理的負荷【時間のゆとり】				主観的ES【アンケート】		
物流倉庫1 [ピッキング作業員]	2014 [33]	ピッキング作業動線の把握、改善シミュレーション	動線計測、記述・推測統計、モデル化、シミュレーション	作業モデル化、課題改善案提案と事前定量評価	可視光通信		洗滞【潜在ヒートマップ】、人時作業量、チーム作業時間			客観的スキル【移動速度、作業時間】			公平性【作業者間の作業量の偏り】			
物流倉庫2 [視覚障害者]	2018-19	視覚障害者就労支援の実現可能性検証	測位に基づくピッキング作業指示	実現可能性確認	Passive RFID		暗眼者との作業時間比較【作業時間】							ロービジョン、全盲者の作業可能性【作業時間】		
ケーブル工場1 [製造作業員]	2018-19	製造作業の平準化	動線計測、記述統計、情報共有、OJT、回顧インタビュー	製造作業の平準化、課題抽出	BLE		標準作業との乖離【エリア潜在時間】			作業者間のばらつき【エリア潜在時間】			情報共有・業務実態透明化【各地理空間情報】			
ケーブル工場2 [製造作業員]	2018-20 [7][34][35]	生産性向上、安全管理、健康管理の同時支援	動線計測、記述統計、情報共有、POC実証	-			無駄な移動【移動距離】	身体的負荷・運動強度【移動距離】					情報共有・業務実態透明化・6M見える化【各地理空間情報】	一人作業【動線】、人車分離【潜在ヒートマップ】		
自動車部品工場 [製造作業員]	2021-24 [9][10]	環境(温度・湿度等)暴露負荷評価/作業パターン分析	動線計測、バイタル計測、記述統計、アンケート、聞き取り、相関分析、回帰分析、階層・非階層クラスター分析	暴露環境と主観的な温熱感、だるさとの比較/作業パターン抽出、例外作業抽出	PDR+BLE+MAP			身体的負荷【だるさ】		個人スキル【作業パターン】			情報共有・業務実態透明化・6M見える化【各地理空間情報】	温熱環境評価【暴露環境と主観的な温熱感】		

# GSIを用いて労働生産性とQoWについて扱ったサービス現場及び製造現場での事例

現場【対象】	実施年 文献	目的	方法	効果・成果	測位技術	評価・分析の内容【指標・コンテンツ】															
						労働生産性		QoW													
						労働の成果	労働投入量・コスト	健康		動きがよい		動きやすさ									
		身体的負荷	メンタル	おもてなし	スキル	自発性	人間関係・組織	環境・安全	ダイバーシティ												
介護付老人ホーム【ヘルパ、ナース】	2010 [25]	介護作業動線の現状把握	動線計測、記述統計、聞き取り	作業モデル化、課題の見える化		無駄な移動【動線】															
旅館【客室係(仲居)】	2011 [26]	スキル分析	動線計測、記述統計、回顧インタビュー	スキル把握																	
日本食レストラン1	2011 [27]	接客係のおもてなし改善		接客可能時間増加、追加注文数		無駄な移動【動線】															
[接客係、接客補助係、配膳係]	2012 [28]	接客係の身体負荷改善、スキル分析					身体的負荷【移動距離】														
日本食レストラン2	2014 [29]	新店舗立ち上げ支援																			
[接客係、接客補助係、配膳係]	2018 [30]	搬送ロボット導入効果確認																			
高速道路SA【レストラン、フードコート、物販等従業員】	2022-23 [11][21][23]	多能工化の効果と影響の定量化/心身状態予測																			
旅客機【客室乗務員】	2015 [31]	「気づき」学習を促進するための教育支援環境の構築	動線計測、記述統計、モデル化、回顧インタビュー	ドリンク提供時のスキルモデル化、教育支援																	
オフィス【社員】	2016	オフィス環境改善(コミュニケーション・運動空間新設)	動線計測、記述統計	新設空間利用率向上、うんてい利用率向上(他の取り組みと合わせて営業利益増加)																	
ビルメンテナンス【作業員】	2017 [4][32]	業務再編(多能工化)の効果と影響の定量化	動線計測、記述統計、アンケート、聞き取り	再編前後の効果と課題の明確化																	
物流倉庫1【ピッキング作業員】	2014 [33]	ピッキング作業動線の把握、改善シミュレーション	動線計測、記述・推測統計、モデル化、シミュレーション	作業モデル化、課題改善案提案と事前定置評価																	
物流倉庫2【視覚障害者】	2018 [19]	視覚障害者就労支援の実現可能性検証	測位に基づくピッキング作業指示	実現可能性確認																	
ケーブル工場1【製造作業員】	2018 [19]	製造作業の平準化	動線計測、記述統計、情報共有、OJT、回顧インタビュー	製造作業の平準化、課題抽出																	
ケーブル工場2【製造作業員】	2018 [7][34][35]	生産性向上、安全管理、健康管理の同時支援	動線計測、記述統計、情報共有、POC実証	-																	
自動車部品工場【製造作業員】	2021-24 [9][10]	環境(温度・湿度等)暴露負荷評価/作業パターン分析	動線計測、バイタル計測、記述統計、アンケート、聞き取り、相関分析、回帰分析、階層・非階層クラスター分析	暴露環境と主観的な温熱感、だるさとの比較/作業パターン抽出、例外作業抽出																	



働きがい

労働衛生

おもてなし  
(付加価値)

効率  
(労働生産性、稼働率)

外食サービス

接客

製造

運搬

人とロボットの協奏 (時代の変革)

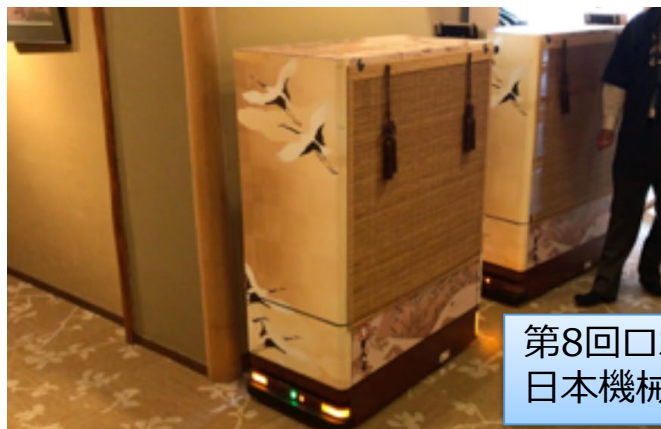
行動計測実証  
(技術検証の場として)

価値共創

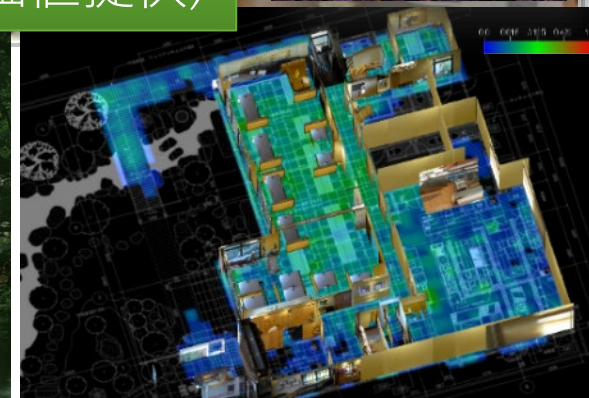
見える化・改善支援  
(現場への価値提供)



カインの夜明け



第8回ロボット大賞:  
日本機械工業連合会会長賞



# サービス産業におけるQCC活動

製造業におけるQCC  
目的:生産性向上

工場での従業員の  
行動観測技術 有

1980年代 QCCの発展(サービス業への適用)

サービス業における従来型のQCC  
目的:生産性向上

サービス現場での従業員の  
行動観測が課題

1990年代 サービス業でのQCCの停滞

使える指標と生産性の関わり  
の理論付けが困難  
(製造業におけるQCCの方法論がそのまま使えない)

2000年

サービス業における主観的QCC  
目的:CS、ES向上

2011年

CSQCC ver.1  
(サービス業や労働集約型現場に適したQCC)  
目的:生産性向上

CS、ESの  
観測・評価が課題

サービス現場での従業員の  
行動観測技術 有

理想のCSQCC  
目的:生産性、CS、ES向上の同時達成を支援

# サービス産業におけるQC活動

製造業におけるQCC  
目的:生産性向上

工場での従業員の  
行動観測技術 有

製造現場:多品種少量、セル生産、  
大型製品生産の場合は、行動観測  
が課題

1980年代 QCCの発展(サービス業への適用)

サービス業における従来型のQCC  
目的:生産性向上

サービス現場での従業員の  
行動観測が課題

1990年代 サービス業でのQCCの停滞

使える指標と生産性の関わり  
の理論付けが困難  
(製造業におけるQCCの方法論がそのまま使えない)

2007年  
QCCが業務  
であるという  
判決

2000年

バブル崩壊ももちろん関係

サービス業における主観的QCC  
目的:CS、ES向上

2011年

CSQCC ver.1  
(サービス業や労働集約型現場に適したQCC)  
目的:生産性向上

CS、ESの  
観測・評価が課題

サービス現場での従業員の  
行動観測技術 有

理想のCSQCC  
目的:生産性、CS、ES向上の同時達成を支援



# CSQCCの提案

## CSQCC (Computer Supported Quality Control Circle)

行動計測・提示システム(従業員支援パッケージ)を導入したサービス現場(労働集約型現場)に適したQCサークルやワークアウト、およびその実現方法

### CSQCCの実現を促進する 従業員支援パッケージ

- 行動指標(労働量、動線、サービス業務種別等) +  $\alpha$  (会計指標、ナースコール履歴、プラント稼働状況、エネルギー指標等)の組み合わせに基づく指標の可視化
- 多様で正規化された指標の提供による無形性、異質性(状況依存性)に起因する問題の低減
- 根拠に基づくQCCやワークアウトの促進
- テーマや改善案の自由度拡大
- テーマの主要指標だけではなく、関連指標も同時に確認(副作用の考察)

# 第1回目CSQCC：おもてなしと従業員負担の分析・改善事例

T. Fukuhara, et al., Improving service processes based on visualization of human behavior and POS data: A case study in a Japanese restaurant, ICServ2013, pp.1-8.

お食事・ご宴会



<p><b>現状把握</b></p>	<p>マネージャ側の想定より接客時間が短い</p>
<p><b>改善策</b></p>	<p>工程組換: 夜の準備を15時前後に集中 (役割分担徹底, 心がけも)</p>

テーブルごとの客数を示すアイコン

その追加注文のPOS履歴

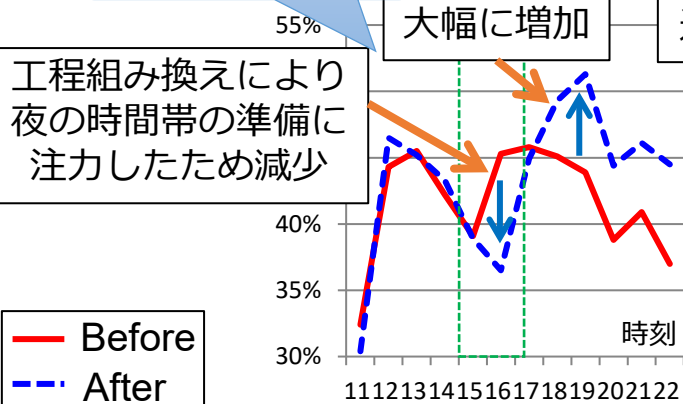
客室で部屋で片づけしつつ、追加注文を受ける従業員

店名	フロア	フロア名	接客場所	接客場所名
がんこ銀座4丁目店	-1	BF	2	テーブル
がんこ銀座4丁目店	-1	BF	1	カウンター
がんこ銀座4丁目店	-1	BF	2	テーブル
がんこ銀座4丁目店	-1	BF	2	テーブル
がんこ銀座4丁目店	-1	BF	1	カウンター
がんこ銀座4丁目店	-2	B2	6	小部屋
がんこ銀座4丁目店	-2	B2	6	小部屋
がんこ銀座4丁目店	-1	BF	5	座敷
がんこ銀座4丁目店	-1	BF	5	座敷
がんこ銀座4丁目店	-2	B2	6	小部屋
がんこ銀座4丁目店	-1	BF	2	テーブル
がんこ銀座4丁目店	-2	B2	6	小部屋
がんこ銀座4丁目店	-1	BF	2	テーブル
がんこ銀座4丁目店	-1	BF	2	テーブル
がんこ銀座4丁目店	-1	BF	5	座敷
がんこ銀座4丁目店	-1	BF	5	座敷
がんこ銀座4丁目店	-1	BF	2	テーブル
がんこ銀座4丁目店	-1	BF	5	座敷

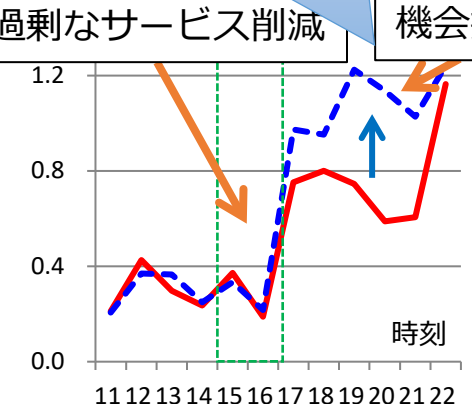
お客に良い

経営に良い

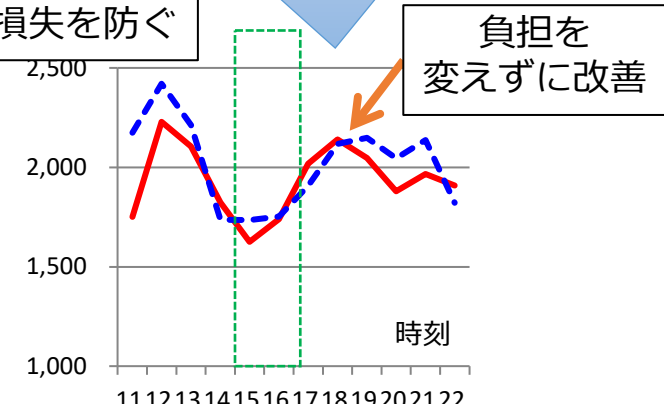
従業員に良い



おもてなし(行動指標): 接客エリア滞在割合



会計指標: 追加注文数

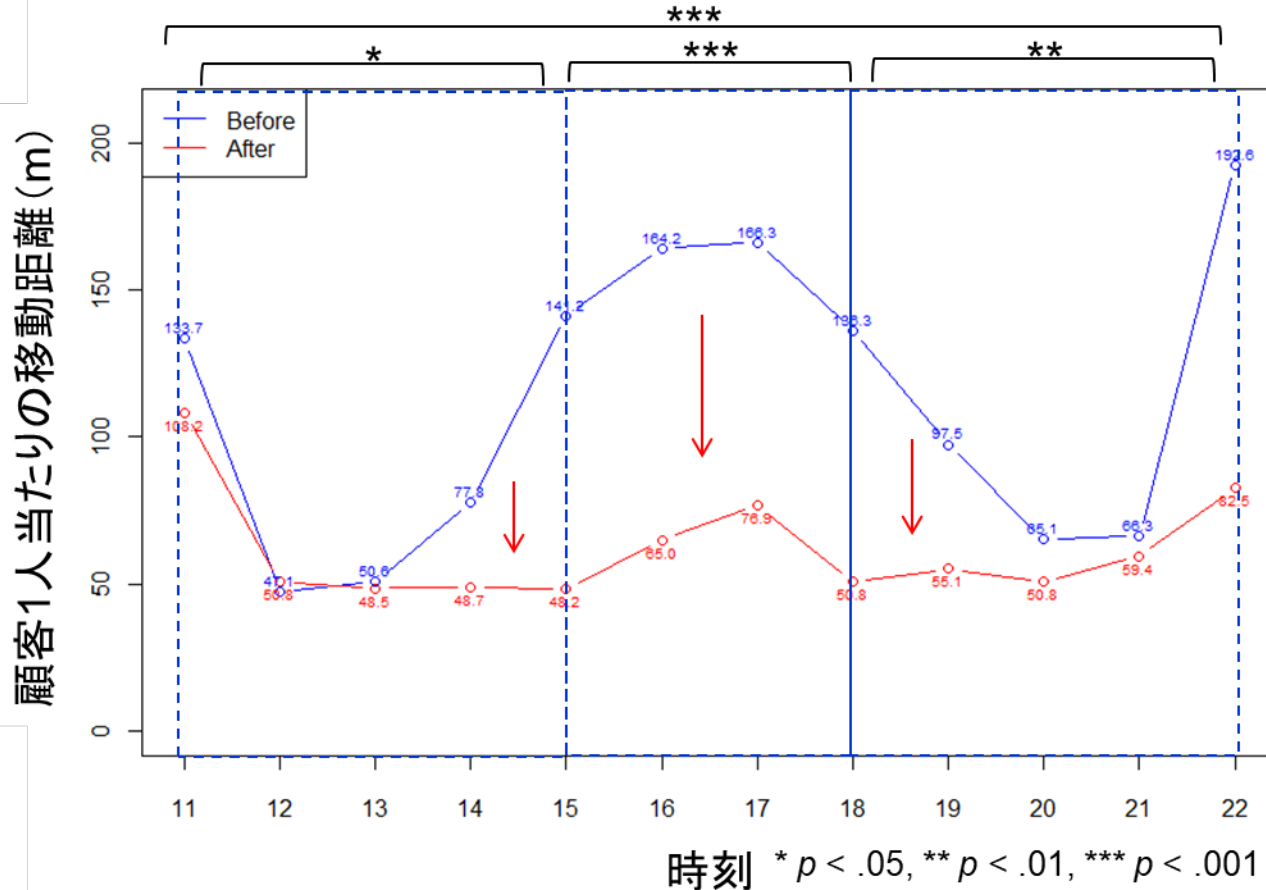


従業員負担(行動指標): 移動距離 [m]



# 第2回目CSQCC：サービス提供空間デザイン 持ち場制導入でさらなる生産性（労働衛生）向上

T. Fukuhara, et al., Estimating skills of waiting staff of a restaurant based on behavior sensing and POS data analysis: A case study in a Japanese cuisine restaurant, Proc. AH-FE2014, pp.4287-4299, 2014.



接客時間は維持しながら、移動距離を減らすことができた。

改善前  $n=64$ ,  $M=103.7$ ,  $SD=60.2$ ,  $Mdn=88.8$

改善後  $n=90$ ,  $M=61.1$ ,  $SD=32.1$ ,  $Mdn=56.7$

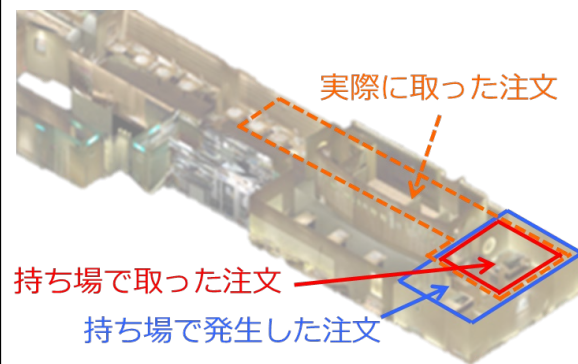
# 持ち場守備率・専念率から見た従業員の熟練度合

持ち場守備率 = 自分の持ち場の注文を、どれくらい自分で取れたか

持ち場専念率 = 自分が取った注文の内、どれくらいが自分の持ち場のものだったか

持ち場守備率 = 赤 / 青

<p><b>IV. ベテラン型 (余裕型)</b>                  自分の持ち場を守れていて、尚且つ、他のエリアのカバーもできている状態。</p> <p><i>individual skill</i></p>	<p><b>III. きっちり型</b>                  自分の持ち場の注文はもれなく取るが、他のエリアの注文までは積極的に取りに行かない、もしくは行けない状態。</p>
<p><b>I. 目的意識欠如型</b>                  持ち場の注文を取れておらず、尚且つ、持ち場以外の注文ばかり取っている状態。持ち場を守るという目的を共有できていない状態</p>	<p><b>II. 手一杯型</b>                  持ち場の注文をもれなく取ろうと努力はしているが、実際には処理オーバーになっている状態</p>



持ち場専念率  
 = 赤 / 橙

# 改善前

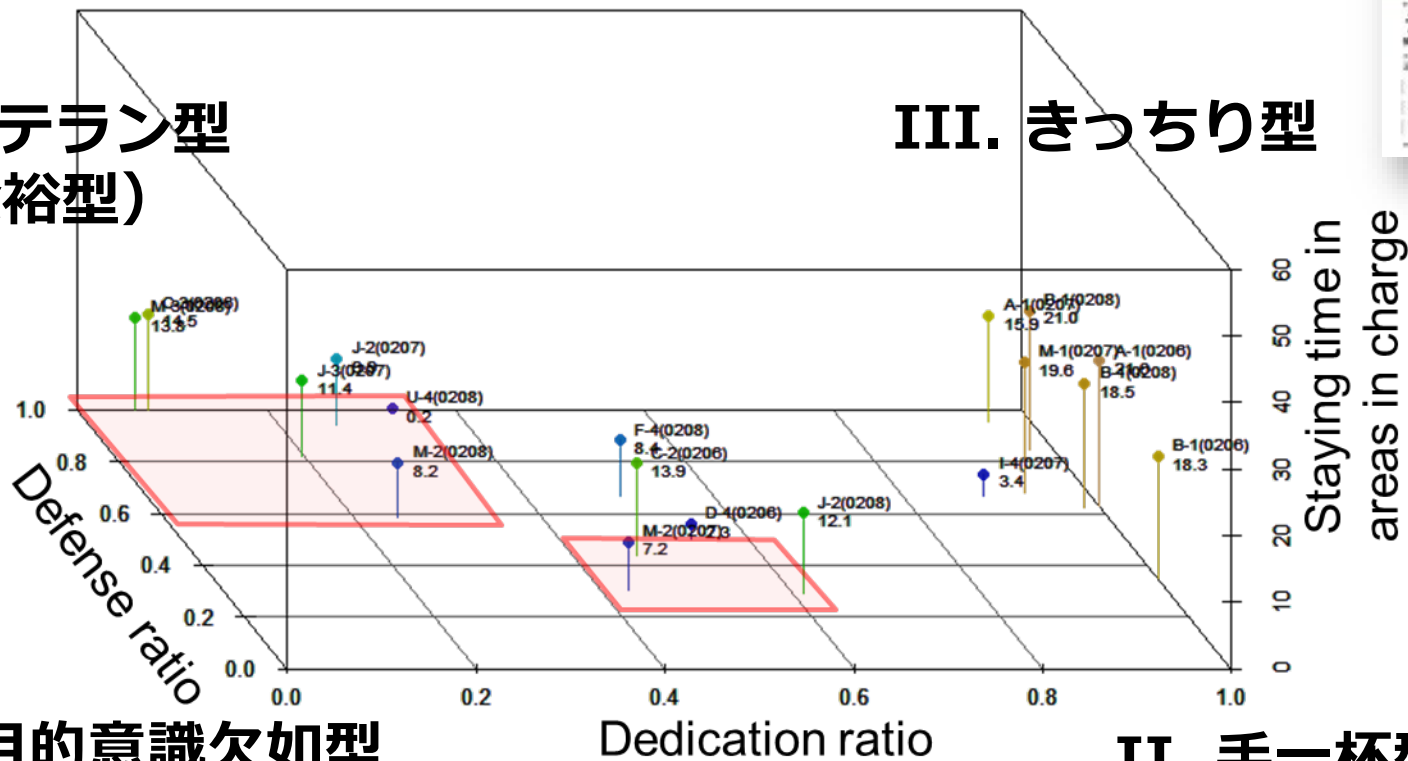
2012年1月～2月



2014年  
11月号

IV. ベテラン型  
(余裕型)

III. きっちり型



I. 目的意識欠如型

II. 手一杯型

# 改善後

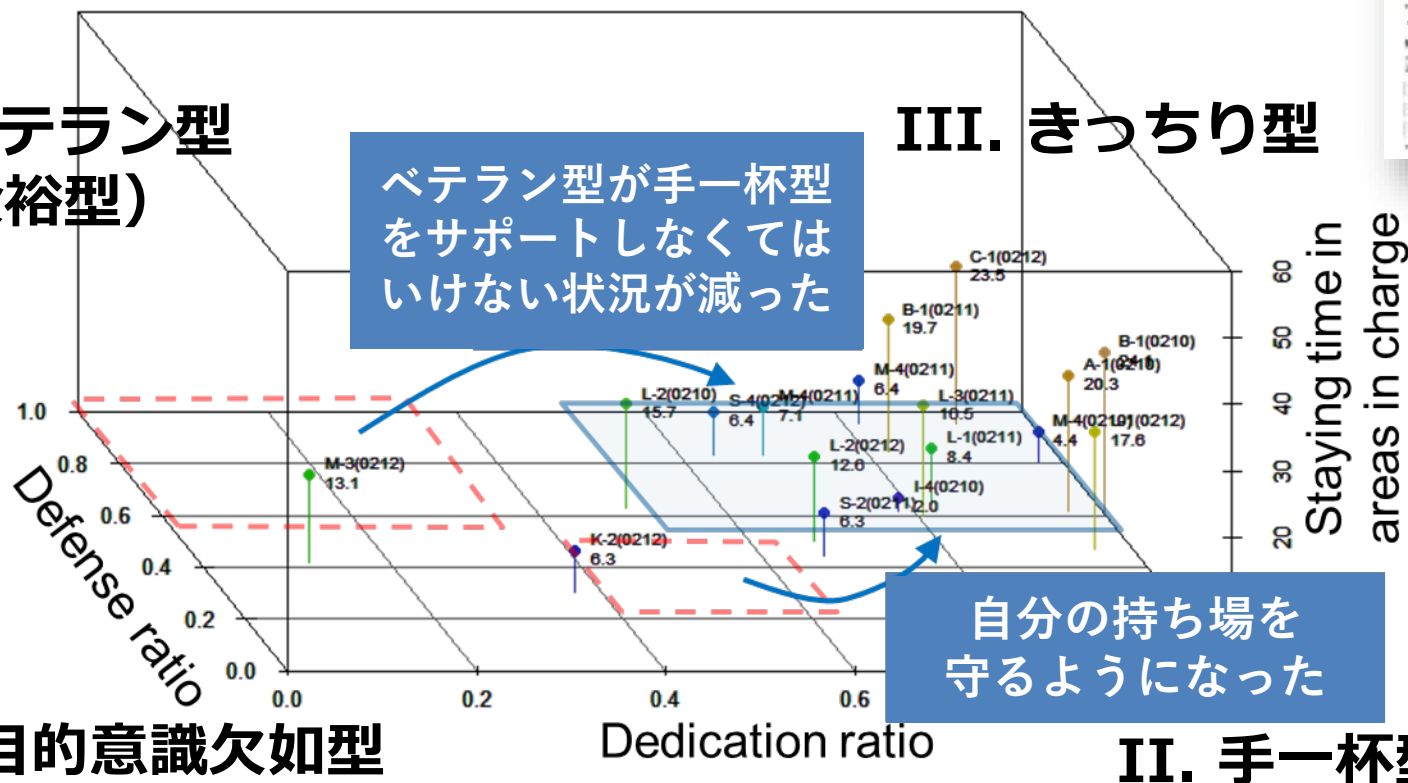
2012年1月～2月



2014年  
11月号

IV. ベテラン型  
(余裕型)

III. きっちり型

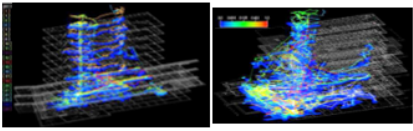
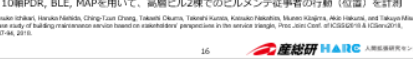


I. 目的意識欠如型

II. 手一杯型

- 客席エリア滞在時間:維持(2011年のQC(接客時間を増やそう)が定着)
- 移動距離:減少!
- チームパフォーマンス向上(未熟練者のスキル向上、熟練者の負荷低減)

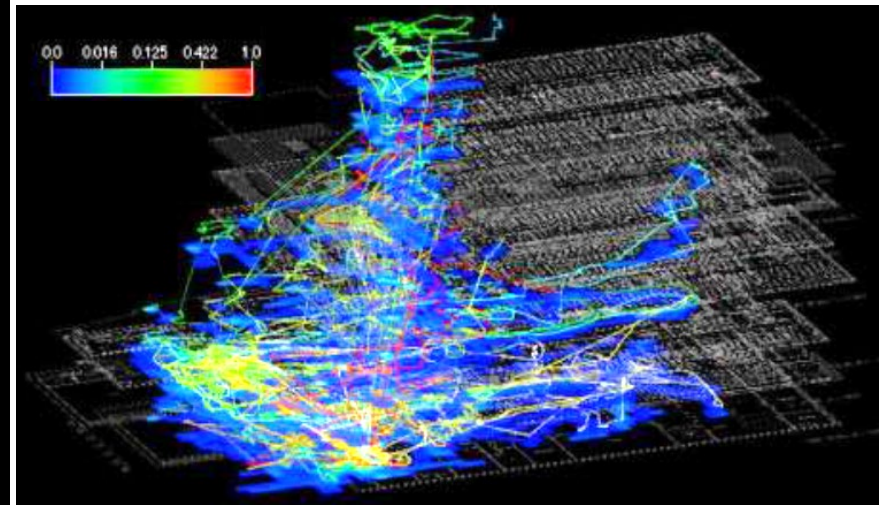
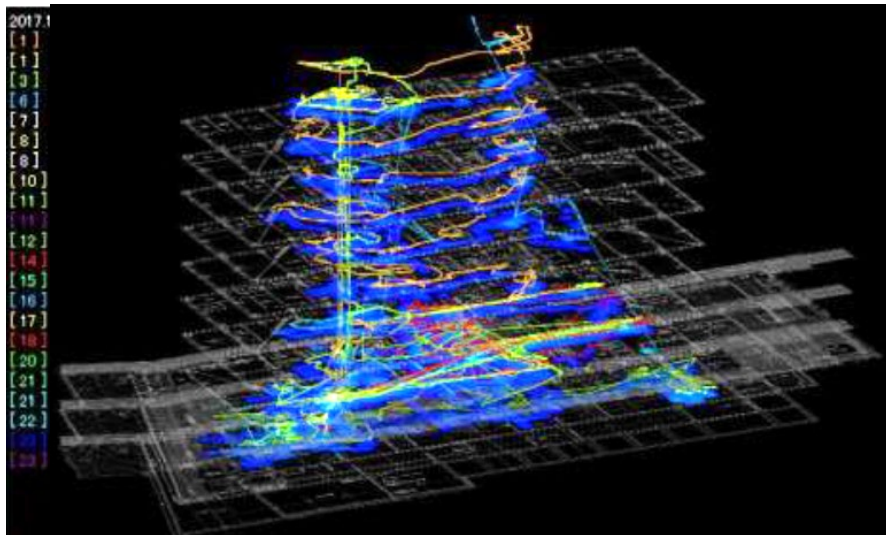
# GSIを用いて労働生産性とQoWについて扱ったサービス現場及び製造現場での事例

現場[対象]	実施年 文献	目的	方法	効果・成果	測位技術	評価・分析の内容【指標・コンテンツ】														
						労働生産性		QoW												
						労働の成果	労働投入量・コスト	健康		動きがよい			動きやすさ							
								身体的負荷	メンタル	おもてなし	スキル	自発性	人間関係・組織	環境・安全	ダイバーシティ					
介護付 老人ホーム[ヘル パ、ナース]	2010 [25]	介護作業動線の 現状把握	動線計測、記述統計、聞き 取り	作業モデル化、 課題の見える化	PDR+ Active RFID +MAP	無駄な移動 【動線】				個人スキル・ チームワーク【動 線】										
旅館 [客室係(仲居)]	2011 [26]	スキル分析	動線計測、記述統計、回顧 インタビュー	スキル把握						主観的スキル 【疑似FPV動 画、動線】										
日本食 レストラン1 [接客係、接客補 助係、配膳係]	2011 [27]	接客係の おもてなし改善	接客係の 身体負荷改善、 スキル分析	接客可能時間増加、 追加注文増加		追加注文数 【POS】	無駄な移動 【動線】	身体的負荷 【移動距離】		接客時間 【接客エリア潜 在時間】	個人スキル・ チームワーク【持 ち場専念率・守 備率】	改善提案	情報共有・業務実態透明化 【各地理空間情報】							
日本食 レストラン2 [接客係、接客補 助係、配膳係]	2012 [28]	接客係の おもてなし改善		(上記に加えて) 移動距離削減、 スキルモデル化																
日本食 レストラン3 [接客係、接客補 助係、配膳係]	2014 [29]	新店舗 立ち上げ支援	動線計測、記述・推測統 計、QC活動	課題の見える化、 各種改善効果確認、早期 立ち上げ						本末業務率 【潜在ヒートマップ】										
日本食 レストラン3 [接客係、接客補 助係、配膳係]	2018 -19 [30]	搬送ロボット 導入効果確認		人時売上高増加、 本来業務専念率増加						本末業務専念率 【エリア潜在時間】										
高速道路SA [レストラン、 フードコート、 物販等従業員]	2022- 23 [11][1 2][23]	多能工化の効果と 影響の定量化/ 心身状態予測	動線計測、バイタル計測、 記述統計、アンケート、聞 き取り、非階層クラスター 分析、深層学習	多能工化前後の作業パ ターン・各統計量比較/ 心身状態予測精度評価		PDR+BLE +MAP	売上高	従事者数、時給、業 務時間長	身体的負荷 【移動距離】	心理的負荷 【感情価、覚 醒度】	個人スキル・チームワーク 【作業パターン、担当持ち場数】						主観的ES 【アンケート、聞き取り】			
旅客機 [客室乗務員]	2015 [31]	客室乗務員の「気 づき」学習を促進 するための教育支 援環境の構築	動線計測、記述統計、エ キサイト提供時のモデル 化								ドリンク提供 スキル比較 【動線】						振り返り	情報共有・業務実態透明化 【各地理空間情報】		
オフィス [社員]	2016	オフィス環境改善 (コミュニケーション ・運動空間 新設)	高層ビルメンテナンスサービス事例： 多能工化（業務再編前後）での業務効率と「ゆとり」の分析	大規模業務再編に伴う業務内容の変化 再編内容：ビルごとの独立管理→複数ビル（2棟）の群管理 変化点：2棟のビルを担当、人員削減（18%減）、集中遠隔監視で事務 所内業務減、メンテ作業増、ビル間移動の負荷増加の懸念						うんてい利用 率【エリア潜在 時間】							コミュニケーションの記述 統計【動線・エリア潜在時間】			
ビル メンテナンス [作業員]	2017 [4][32]	業務再編(多能工 化)の効果と影響の 定量化					品質 レーン	事務所作業量、無 駄な移動【動線】	身体的負荷 【移動距離】	心理的負荷 【時間的ゆ とり】	客観的スキル【移 動速度、作業時 間】						主観的ES 【アンケート】			
物流倉庫1 [ピッキング作業 員]	2014 [33]	ピッキング作業動 線の把握、 改善シミュレー ション	10輪PDR, BLE, MAPを用いて、高層ビル2棟でのビルメンテナンス者の行動（位置）を計測				潜在時間									公平性【作業者間の作業量の 偏り】				
物流倉庫2 [視覚障害者]	2018 -19	視覚障害者 就労支援の実現可 能性検証					晴眼者との作業時 間比較【作業時間】												ロービジョン、 全盲者の作業可 能性【作業時間】	
ケーブル工場1 [製造作業員]	2018 -19	製造作業の 平準化	動線計測、記述統計、情報 共有、OJT、回顧インタ ビュー	製造作業の 平準化、課題抽出	BLE		標準作業との乖離 【エリア潜在時間】			作業者間のばら つき【エリア潜在 時間】		情報共有・業務実態透明化 【各地理空間情報】								
ケーブル工場2 [製造作業員]	2018 -20 [7][34] [35]	生産性向上、安全 管理、健康管理の 同時支援	動線計測、記述統計、情報 共有、POC実証	-			無駄な移動 【移動距離】	身体的負荷・ 運動強度 【移動距離】				情報共有・業務実態透明 化・6M見える化 【各地理空間情報】		一人作業【動線】 人車分離【潜在 ヒートマップ】						
自動車部品工場 [製造作業員]	2021- 24 [9][10]	環境(温度・湿度 等)暴露負荷評価/ 作業パターン分析	動線計測、バイタル計測、 記述統計、アンケート、聞 き取り、相関分析、回帰分 析、階層・非階層クラス ター分析	暴露環境と主観的な温熱 感、だるさとの比較/ 作業パターン抽出、例外 作業抽出	PDR+BLE +MAP			身体的負荷 【だるさ】		個人スキル 【作業パターン】				温熱環境評価 【暴露環境と主観 的な温熱感】						

# 高層ビルメンテナンスサービス事例： 多能工化（業務再編前後）での業務効率と「ゆとり」の分析

## 大規模業務再編に伴う業務内容の変化

再編内容: ビルごとの独立管理 → 複数ビル（2棟）の群管理  
 変化点: 2棟のビルを担当、人員削減（18%減）、集中遠隔監視で事務所内業務減、メンテ作業増、ビル間移動の負荷増加の懸念



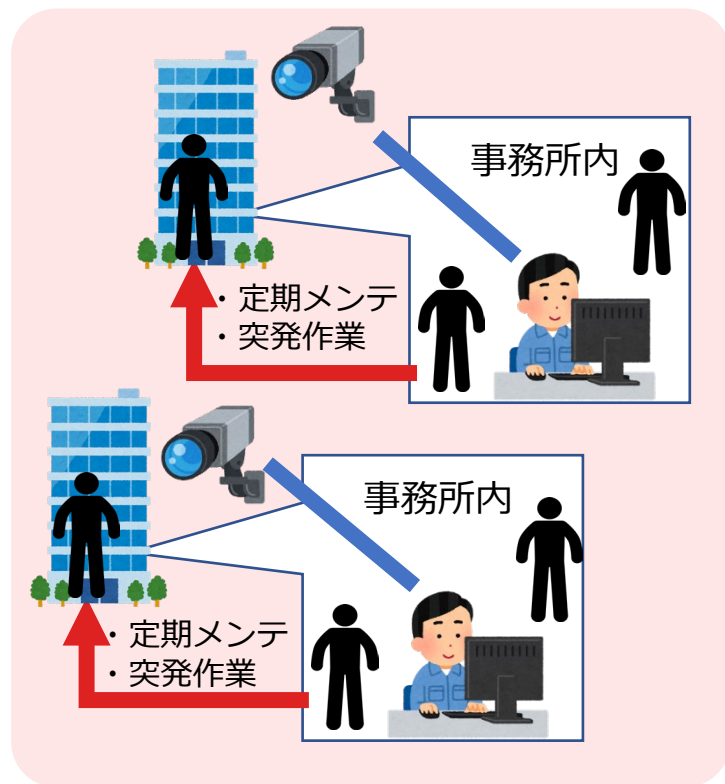
10軸PDR, BLE, MAPを用いて、高層ビル2棟でのビルメンテ従事者の行動（位置）を計測

Ryosuke Ichikari, Haruka Nishida, Ching-Tzun Chang, Takashi Okuma, Takeshi Kurata, Katsuko Nakahira, Muneo Kitajima, Akio Hakurai, and Takuya Misugi, A case study of building maintenance service based on stakeholders' perspectives in the service triangle, Proc Joint Conf. of ICSSI2018 & ICServ2018, pp.87-94, 2018.



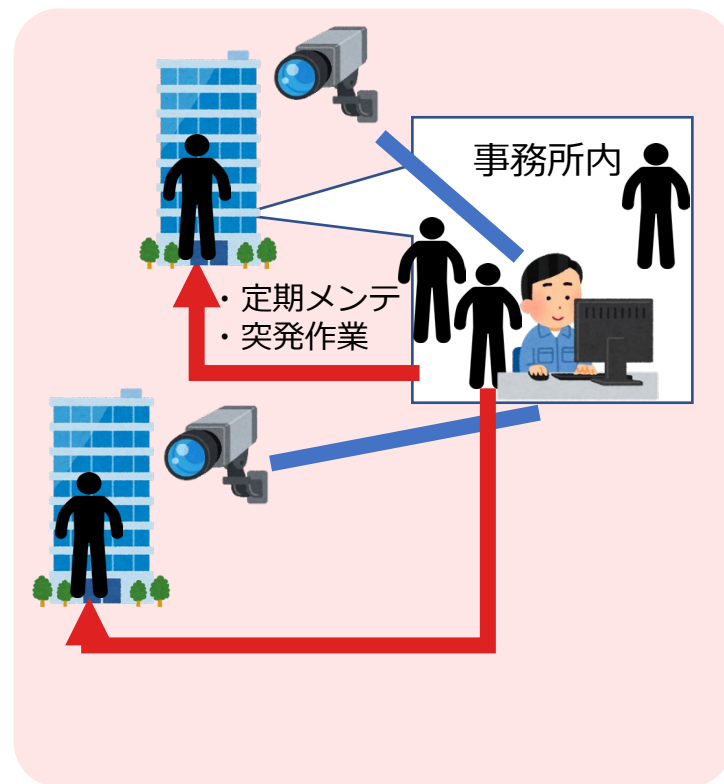
# 業務再編内容

担当ビルは固定・独立管理



・ 必要人員削減  
・ 監視業務効率化

担当ビル間を移動・群管理



## 大規模業務再編に伴う業務内容の変化

再編内容: ビルごとの独立管理 → 複数ビル (2棟) の群管理

変化点: 2棟のビルを担当、人員削減 (18%減)、集中遠隔監視で事務所内業務減、メンテ作業増、ビル間移動の負荷増加の懸念

# ゆとり (Allowance) と QoW

突発事象が起きた時に、Relaxation allowanceを削るべきではない

Relaxation allowances



Contingency allowances



勤務時間

優先度（緊急性）の低い業務を組み込んでおくことで、突発事象に対応すべき

定量化された時間的ゆとりは、QoW評価指標となり得る

# 分析結果

事務所内作業量削減 ✓ 14% ↓  
 人時生産性向上 ✓ 22% ↑  
 品質維持 ✓  
 業務実態透明化 ✓  
 適正価格/給与算出 今後

Q: 業務再編でサービスクオリティは落ちていないか？

- ➡ メンテナンス作業の総量は減っていない！（作業内訳より）
- ➡ 各メンテナンス作業にかける時間は大きくは変わらない！（測位より）

Q: 業務再編で生産性は向上したか？

- ➡ 投入人数は減っている（出退勤より）
- ➡ 事務作業の総量は減っている！（作業内訳より）

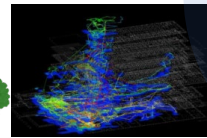
品質維持 ✓  
 適正価格見積 今後  
 CS評価 今後

顧客

企業

現場計測

- ・測位データ
- ・事務作業記録
- ・業務記録(CAFM)
- ・出退勤データ



移動距離 X 50% ↑  
 時間的ゆとり X 16% ↓  
 給与 →  
 業務実態透明化 ✓  
 ES評価 今後

従業員

Q: サービス受給者として不満は？

- ➡ 目立ったクレームはない（鹿島建物からの報告より）

Q: サービスの適正価格は？

- ➡ 実測データに基づく作業量・コスト見積による適正価格算出（個別作業時間見積もり、従業員余裕度の考慮）

Q: 業務再編における従業員負荷の増加は？

- ➡ 1人あたりのメンテナンス作業項目数、作業時間は増加（作業内訳より）
- ➡ 移動量、移動に必要な時間は増加（測位データより）

Q: 時間的ゆとりは、どの程度あるのか？

- ➡ ゆとり時間【潜在】/1人1日の約5分減少（作業内訳より）
- ➡ ゆとり時間【実績】/1人1日は約34分減少
- 突発作業時間割合（≒作業キャパシティ中の負荷の割合）は、15.2%→31.1%へ増加（作業内訳より）

# GSIを用いて労働生産性とQoWについて扱ったサービス現場及び製造現場での事例

現場[対象]	実施年 文献	目的	方法	効果・成果	測位技術	評価・分析の内容【指標・コンテンツ】													
						労働生産性		QoW				働きやすさ							
						労働の成果	労働投入量・コスト	身体的負荷	メンタル	動きが スキル	自発性	人間関係・組織	環境・安全	ダイバーシティ					
介護付 老人ホーム[ヘル パ、ナース]	2010 [25]	介護作業動線の 現状把握	動線計測、記述統計、聞き 取り	作業モデル化、 課題の見える化	PDR+ Active RFID +MAP	無駄な移動 【動線】				個人スキル・ チームワーク【 <b>動 線</b> 】									
旅館 [客室係(仲居)]	2011 [26]	スキル分析	動線計測、記述統計、回顧 インタビュー	スキル把握						主観的スキル 【疑似FPV動 画、動線】									
日本食 レストラン1 [接客係、接客補 助係、配膳係]	2011 [27]	接客係の おもてなし改善	接客係の 身体負荷改善、 スキル分析	接客可能時間増加、 追加注文増加		追加注文数 【POS】	無駄な移動 【動線】	身体的負荷 【移動距離】		接客時間 【接客エリア滞 在時間】	個人スキル・ チームワーク【 <b>持 ち場専念率・守 備率</b> 】	改善提案	情報共有・業務実態透明化 【各地理空間情報】						
日本食 レストラン2 [接客係、接客補 助係、配膳係]	2012 [28]	接客係の おもてなし改善		(上記に加えて) 移動距離削減、 スキルモデル化															
日本食 レストラン3 [接客係、接客補 助係、配膳係]	2014 [29]	新店舗 立ち上げ支援	動線計測、記述・推測統 計、POC実証	課題の見える化、						本末業務率 【滞在ヒートマップ】									
日本食 レストラン3 [接客係、接客補 助係、配膳係]	2018 -19 [30]	搬送ロボット 導入効果確認								本末業務専念率 【エリア潜在時間】									
高速道路SA [レストラン、 フードコート、 物販等従業員]	2022- 23 [11][1 2][23]	多能工化の効果と 影響の定量化/ 心身状態予測	計測対象者 計測領域面積	各10日間の計測を2回実施 1回目：2022年7月4日～7月14日 2回目：2023年1月16日～7月26日 2回とも参加：37名 1回目：48名 2回目：42名 計測領域面積 約2,200m <sup>2</sup>		常時モニタリング実証実験 実施場所 名神高速道路 吹田サービスエリア 飲食・物品販売サービスの商業施設 (株)GANKOと連携 計測期間 各10日間の計測を2回実施 1回目：2022年7月4日～7月14日 2回目：2023年1月16日～7月26日 2回とも参加：37名 1回目：48名 2回目：42名 計測領域面積 約2,200m <sup>2</sup> 備考 第1回と第2回の計測の間に多能工化を実施	労働生産性 売上高]	従事者数、時給、業 務時間長	身体的負荷 【移動距離】	心理的負荷 【感情価、覚 醒度】	個人スキル・チームワーク 【作業パターン、担当持ち場数】						主観的ES 【アンケート、聞き取り】		
旅客機 [客室乗務員]	2015 [31]	客室乗務員の「ス キ」学習を促進 するための教育支 援環境の構築								ドリンク提供 スキル比較 【動線】						振り返り	情報共有・業務実態透明化 【各地理空間情報】		
オフィス [社員]	2016	オフィス環境改善 (コミュニケーション・運動空間 新設)		利益増加)													コミュニケーションの記述 統計【動線・エリア潜在時間】		
ビル メンテナンス [作業員]	2017 [4][32]	業務再編(多能工 化)の効果と影響の 定量化	動線計測、記述統計、アン ケート、聞き取り	再編前後の効果と課題の 明確化		PDR+BLE +MA	サービス品質 【顧客クレーム】	事務所作業量、無 駄な移動【動線】	身体的負荷 【移動距離】	心理的負荷 【時間的ゆ とり】							主観的ES 【アンケート】		
物流倉庫1 [ピッキング作業 員]	2014 [33]	ピッキング作業動 線の把握、 改善シミュレー ション	動線計測、記述・推測統 計、モデル化、シミュレ ーション	作業モデル化、 課題改善案提案と事前定 量評価	可視光通信	洗滞【滞在ヒート マップ】、入時作 業量、チーム作業 時間			客観的スキル【移 動速度、作業時 間】							公平性【作業者間の作業量の 偏り】			
物流倉庫2 [視覚障害者]	2018 -19	視覚障害者 就労支援の実現可 能性検証	測位に基づくピッキング作 業指示	実現可能性確認	Passive RFID	暗眼者との作業時 間比較【作業時間】											ロービジョン、 全盲者の作業可 能性【作業時間】		
ケーブル工場1 [製造作業員]	2018 -19	製造作業の 平準化	動線計測、記述統計、情報 共有、OJT、回顧インタ ビュー	製造作業の 平準化、課題抽出	BLE	標準作業との乖離 【エリア潜在時間】			作業者間のばら つき【エリア潜在 時間】			情報共有・業務実態透明化 【各地理空間情報】							
ケーブル工場2 [製造作業員]	2018 -20 [7][34] [35]	生産性向上、安全 管理、健康管理の 同時支援	動線計測、記述統計、情報 共有、POC実証	-		無駄な移動 【移動距離】	身体的負荷・ 運動強度 【移動距離】					情報共有・業務実態透明 化・6M見える化 【各地理空間情報】	一人作業【動線】 人車分離【滞在 ヒートマップ】						
自動車部品工場 [製造作業員]	2021- 24 [9][10]	環境(温度・湿度 等)暴露負荷評価/ 作業パターン分析	動線計測、バイタル計測、 記述統計、アンケート、聞 き取り、相関分析、回帰分 析、階層・非階層クラス ター分析	暴露環境と主観的な温熱 感、だるさとの比較/ 作業パターン抽出、例外 作業抽出	PDR+BLE +MAP		身体的負荷 【だるさ】		個人スキル 【作業パターン】			温熱環境評価 【暴露環境と主観 的な温熱感】							

# 常時モニタリング実証実験



お食事・ご宴会



実施場所

名神高速道路 吹田サービスエリア  
飲食・物品販売サービスの商業施設  
( (株)GANKOと連携)

計測期間

各10日間の計測を2回実施  
1回目：2022年 7月 4日 ~ 7月14日  
2回目：2023年 1月16日 ~ 7月26日

計測対象者

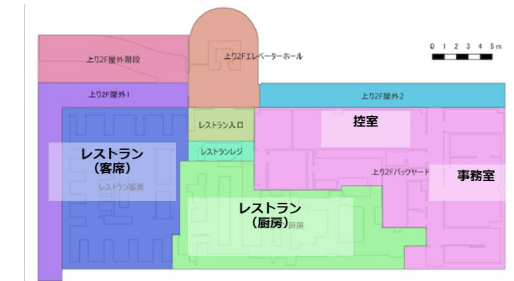
2回とも参加：**37名**  
1回目：**48名** 2回目：**42名**

計測領域面積

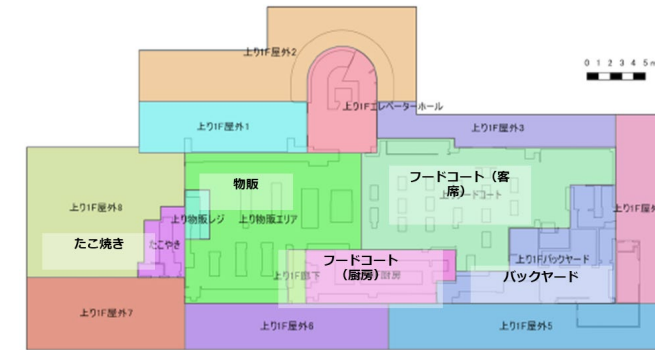
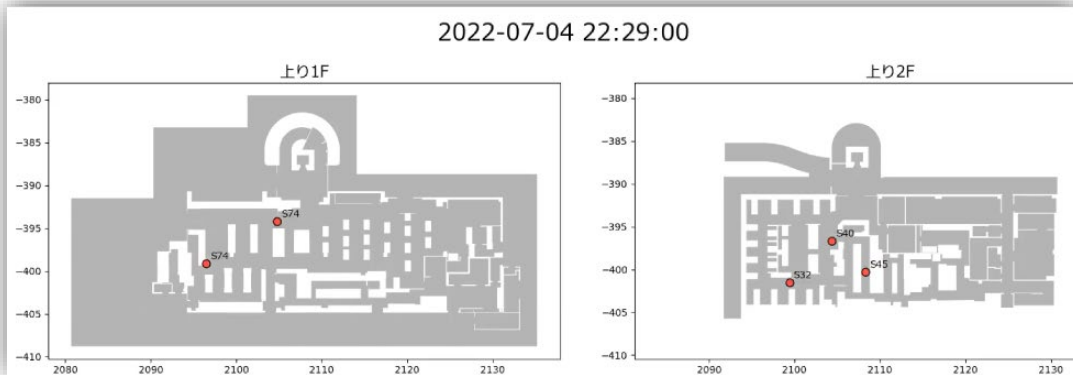
約 2,200m<sup>2</sup>

備考

第1回と第2回の計測の間に多能工化を実施

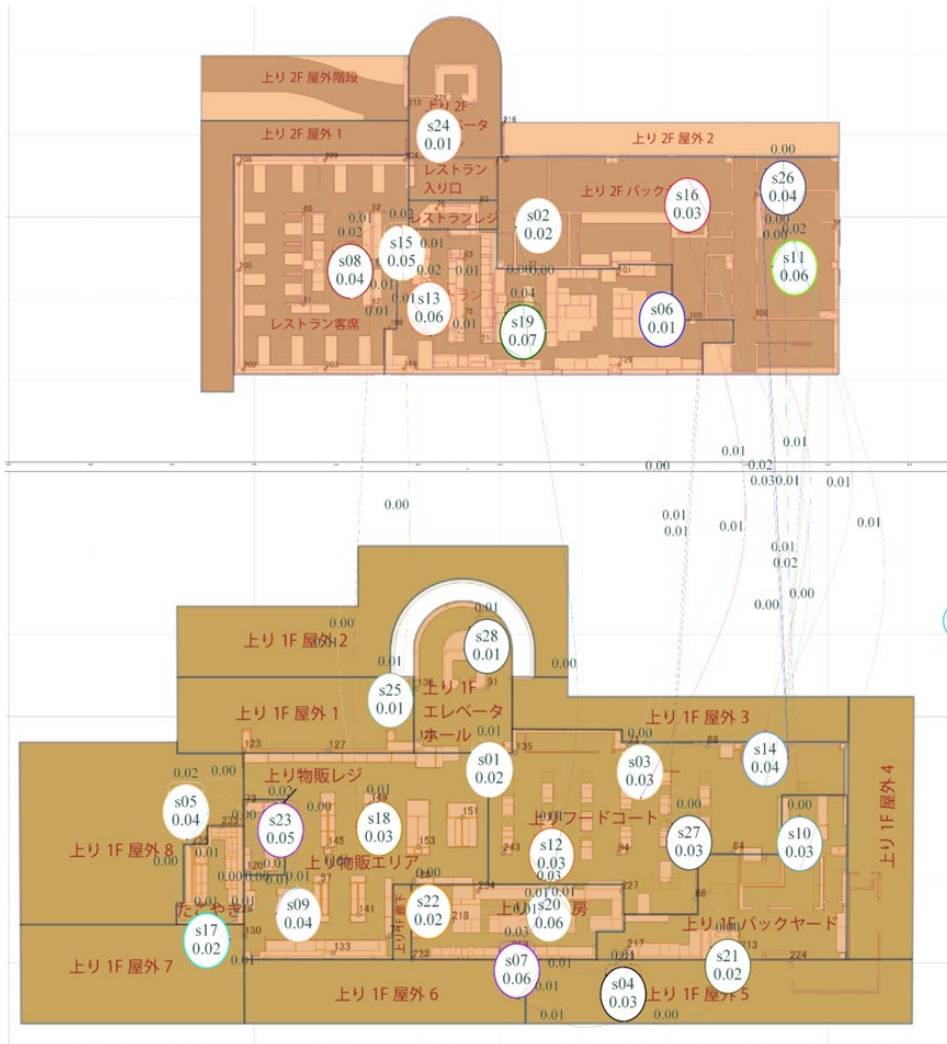


上り線側商業施設2階



上り線側商業施設1階

現場固有詳細情報を用いずに得られた分析結果：  
作業エリア遷移モデルと作業行動パターン



動線データから生成された  
作業エリア遷移モデル

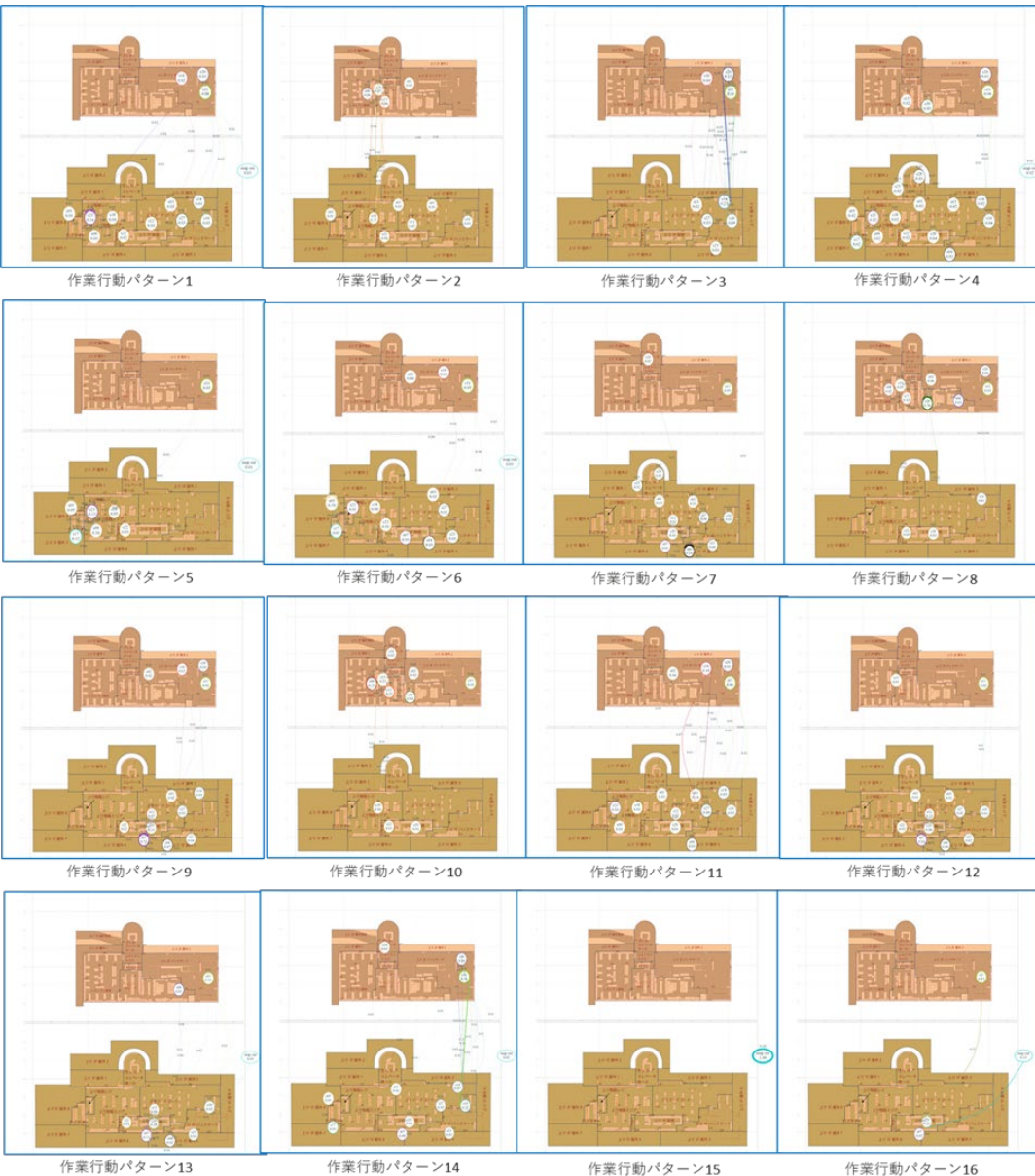
滞在ノード数 29

- 分析対象（上り側）内ノード 28
- それ以外をまとめたノード 1

滞在ノード：各作業エリアの代表位置に表示

作業エリア遷移モデル

現場固有詳細情報を用いずに得られた分析結果：  
作業エリア遷移モデルと作業行動パターン



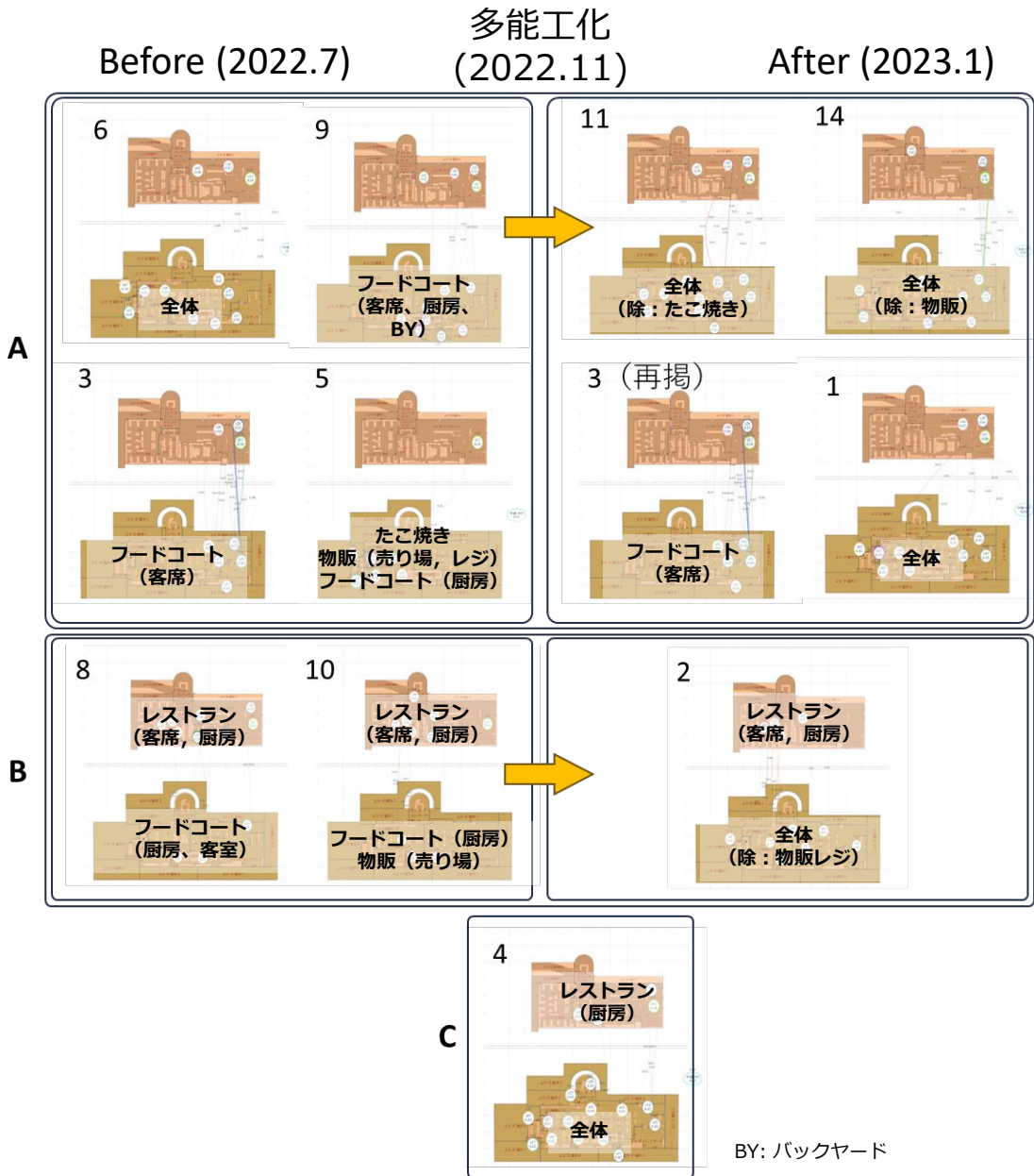
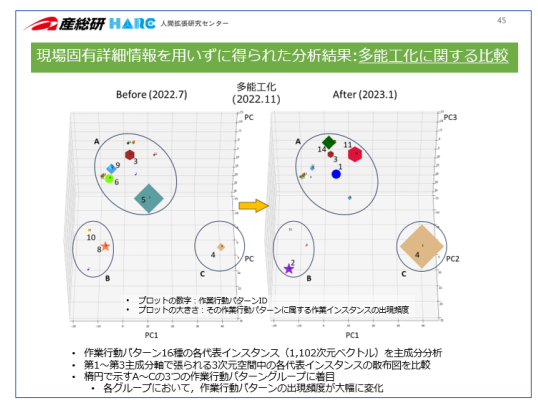
作業行動パターンと  
その代表インスタンス

作業行動パターン 16種類

- 415個の作業インスタンスのクラスタリングにより抽出
- 図は、各作業行動パターンの代表インスタンス

作業インスタンス：計測対象者1名分の連続的な計測1回分の動線データから各確率を求め、移動エッジや滞在ノードに割り当てることにより得られるその動線に関する「作業エリア遷移インスタンス」の略称

現場固有詳細情報を用いずに得られた分析結果:  
**作業エリア遷移モデルと作業行動パターン**



多能工化前の主作業パターン

- A) 1階一部
- B) 2階レストラン全体、1階フードコート厨房
- C) 1階全体、2階レストラン厨房

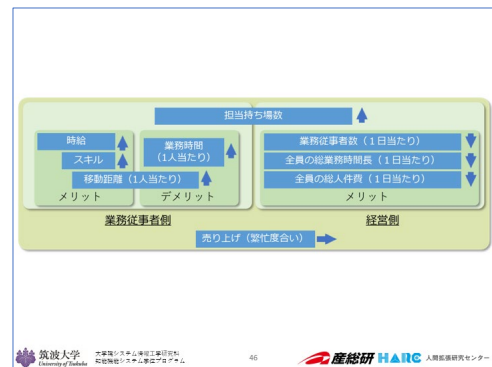
多能工化後の主作業パターン

- A) 1階全体
- B) 2階レストラン全体、1階全体 (物販レジ除く)
- C) 1階全体、2階レストラン厨房

注: 2階右側と中央上部はそれぞれ事務室, 休憩室であったため, 本考察の対象からは除外



# 現場固有詳細情報との突合分析結果



	Before	After	差	差 [%]	有意差	
作業エリア数 (全員)	11.1	13.3	2.2	19.8	N/A	↑
[平均値] (両方参加のみ)	11.3	13.2	1.9	16.8	増加 $p \div 0.01$	
移動距離 [km/人日]	4.6	5.0	0.5	10.2	増加 $p \div 0.036$	↑
非常常作業インスタンス数	9.0	21.0	12.0	133.3	N/A	↑
計測対象者数 [中央値]	22.0	21.0	-1.0	-4.5	実績(業務従事者数)で評価	↓
(人数/日) [標準偏差]	3.7	1.5	-2.2	-59.1	N/A	
時給 [平均値] (7月を1とした場合)	1.00	1.03	0.03	3.00	N/A	↑
売上高 (7月の1日平均を1とした場合)	1.00	1.02	0.02	2.30	有意差なし $p \div 0.747$	—

**1日当たりの業務従事者数**  
中央値：

- 多能工化前 24.3名
- 多能工化後 22.1名 (-2.2名)

標準偏差：

- 多能工化前 2.8名
- 多能工化後 1.5名 (-1.3名)

統計的有意差：あり ( $p \div 0.036$ )

- 業務従事者数/日：減少

業務時間長 (7月の1人日平均を1とした場合)	1.00	1.07	0.07	6.60	↑
-------------------------	------	------	------	------	---

繁忙度合い 同等

1人当たりの業務時間は増加

時給UP  
多能工化要因：4割  
最低賃金対応要因：6割

1シフト全員の総業務時間長 3%減

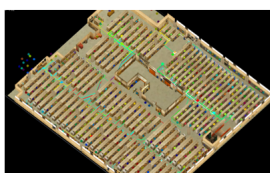
1シフト全員の総人件費 6%減

備考：作業エリア=滞在ノード  
作業エリア数=1作業インスタンスあたりの滞在ノード数


# GSIを用いて労働生産性とQoWについて扱ったサービス現場及び製造現場での事例

現場【対象】	実施年 文献	目的	方法	効果・成果	測定技術	評価・分析の内容【指標・コンテンツ】													
						労働生産性		QoW						働きやすさ					
						労働の成果	労働投入量・コスト	身体的負荷	メンタル	スキルの おもてなし	自発性	人間関係・組織	環境・安全	ダイバーシティ					
介護付 老人ホーム【ヘル パ、ナース】	2010 [25]	介護作業動線の 現状把握	動線計測、記述統計、聞き 取り	作業モデル化、 課題の見える化	PDR+ Active RFID +MAP	無駄な移動 【動線】				個人スキル・ チームワーク【動 線】									
旅館 【客室係(仲居)】	2011 [26]	スキル分析	動線計測、記述統計、回顧 インタビュー	スキル把握						主観的スキル 【疑似FPV動 画、動線】									
日本食 レストラン1 【接客係、接客補 助係、配膳係】	2011 [27]	接客係の おもてなし改善		接客可能時間増加、 追加注文増加		PDR+BLE +MAP	無駄な移動 【動線】				接客時間 【接客エリア滞 在時間】	改善提案	情報共有・業務実態透明化 【各地理空間情報】						
	2012 [28]	接客係の 身体負荷改善、 スキル分析		(上記に加えて) 移動距離削減、 スキルモデル化							個人スキル・ チームワーク【持 ち場専念率・守 備率】								
日本食 レストラン2 【接客係、接客補 助係、配膳係】	2014 [29]	新店舗 立ち上げ支援	動線計測、記述・推測統 計、QC活動	課題の見える化、 各種改善効果確認、早期 立ち上げ							本来業務率 【滞在ヒートマップ】								
日本食 レストラン3 【接客係、接客補 助係、配膳係】	2018 -19 [30]	搬送ロボット 導入効果確認		人時売上高増加、 本来業務専念率増加			労働生産性 【人時売上高】				本来業務専念率 【エリア潜在時間】								
高速道路SA 【レストラン、 フードコート、 物販等従業員】	2022- 23 [11][1 2][23]	多能工化の効果と 影響の定量化/ 心身状態予測	動線計測、バイタル計測、 記述統計、アンケート、聞 き取り、非階層クラスター 分析、深層学習	多能工化前後の作業パ ターン・各統計量比較/ 心身状態予測精度評価			売上高	従事者数、時給、業 務時間長	身体的負荷 【移動距離】	心理的負荷 【感情価、覚 醒度】	個人スキル・チームワーク 【作業パターン、担当持ち場数】		主観的ES 【アンケート、聞き取り】						
旅客機 【客室乗務員】	2015 [31]	客室乗務員の「筑 づき」学習を促進 するための教育支 援環境の構築	動線計測、記述統計、モデ ル化、回顧インタビュー	ドリンク提供時のスキル モデル化、教育支援							ドリンク提供 スキル比較 【動線】	振り返り	情報共有・業務実態透明化 【各地理空間情報】						
オフィス 【社員】	2016	オフィス環境改善 (コミュニケーション ・運動空間 新設)		新設空間利用率向上、う							うんてい利用 率【エリア潜在 時間】		コミュニケーションの記述 統計【動線・エリア潜在時間】						
ビル メンテナンス 【作業員】	2017 [4][32]	業務再編(多能工 化)の効果と影響の 定量化									事務所作業量、無 駄な移動【動線】		主観的ES 【アンケート】						
物流倉庫1 【ピッキング作業 員】	2014 [33]	ピッキング作業動 線の把握、 改善シミュレ ーション								身体的負荷 【移動距離】	心理的負荷 【時間的ゆ とり】	客観的スキル【移 動速度、作業時 間】	公平性【作業量間の 偏り】						
物流倉庫2 【視覚障害者】	2018 -19	視覚障害者 就労支援の実現可 能性検証								洗滞【滞在ヒート マップ】、人時作 業量、チーム作業 時間						ロービジョン、 全盲者の作業可 能性【作業時間】			
ケーブル工場1 【製造作業員】	2018 -19	製造作業の 平準化								暗眼者との作業時 間比較【作業時間】									
ケーブル工場2 【製造作業員】	2018 -20 [7][34 ][35]	生産性向上、安全 管理、健康管理の 同時支援								標準作業との乖離 【エリア潜在時間】		作業量間のばら つき【エリア潜在 時間】	情報共有・業務実態透明化 【各地理空間情報】						
自動車部品工場 【製造作業員】	2021- 24 [9][10]	環境(温度・湿度 等)暴露負荷評価/ 作業パターン分析	動線計測、バイタル計測、 記述統計、アンケート、聞 き取り、相関分析、回帰分 析、階層・非階層クラス ター分析	暴露環境と主観的な温熱 感、だるさとの比較/ 作業パターン抽出、例外 作業抽出						身体的負荷 ・ 運動強度 【移動距離】			情報共有・業務実態透明 化・6M見える化 【各地理空間情報】	一人作業【動線】 人車分離【潜在 ヒートマップ】					

**事例：物流倉庫  
生産性指標と従業員視点指標 (QoW) を  
シミュレーションで事前評価**

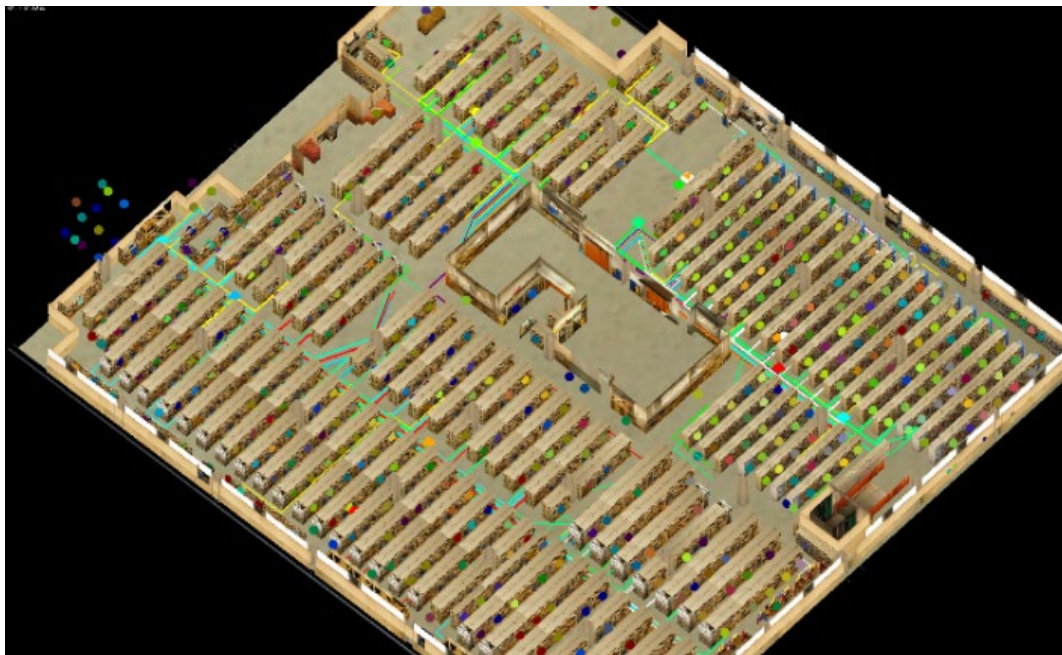


- 可視光通信とWMSにより倉庫内スタッフとカートとの動線を把握
- シミュレーションによる改善案の事前評価



27 産総研 HARC 人間拡張研究センター

# 事例：物流倉庫 生産性指標と従業員視点指標（QoW）を シミュレーションで事前評価



- 可視光通信とWMSにより倉庫内スタッフとカートとの動線を把握
- シミュレーションによる改善案の事前評価

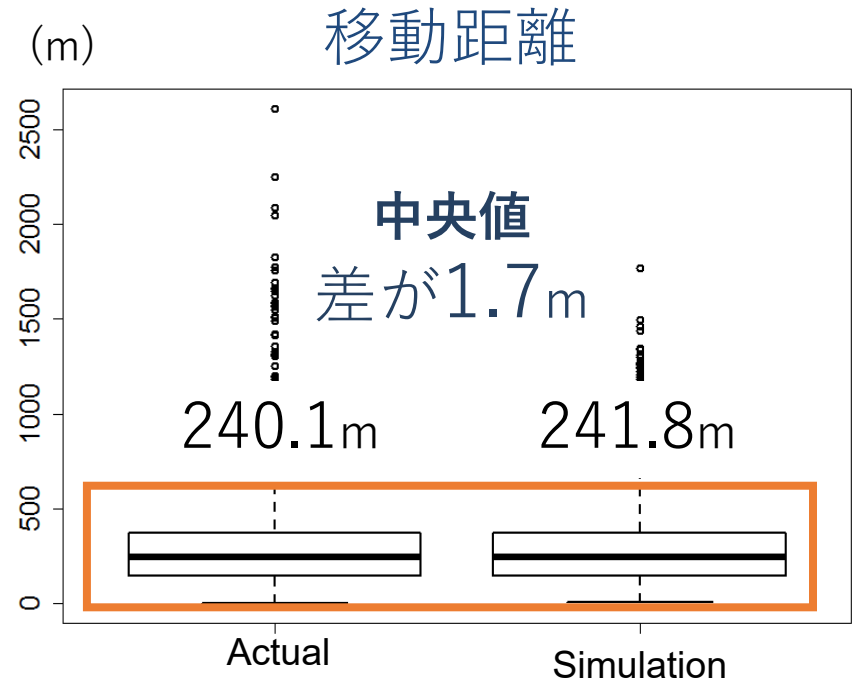
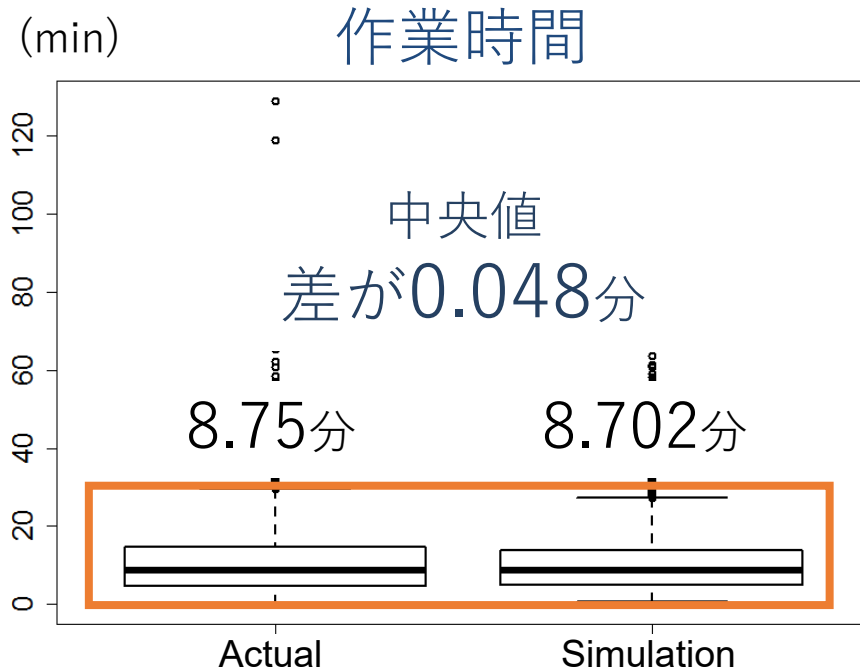
既設の照明器具台数の約半数（228台）を  
可視光通信用LED照明に取り替え



**Panasonic** Frameworkx



# シミュレーションの再現性の検証



(N = 3599,  $\alpha = .01$ )

$P > .01$  (p-value = 0.8348)

$P > .01$  (p-value = 0.7184)

Wilcoxon signed-rank test : no significant differences

統計的に有意差は得られない程度の再現性は得られた

→ シミュレーションの再現性は高い

# 改善案の事前評価

- 計測に基づく再現性の高い作業のモデル化とシミュレーション
- 既存作業方法よりも改善案の方が、作業効率↑ & 従業員負担↓

		既存作業方法 Single Picking								改善案 Zone Picking					
ゾーン数		現状								N/A					
従業員数		4	5	6	7	8	9	10	4	5	6	7	8	9	10
(α) 作業効率	(1) 人時生産性	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	H	H	M	M
	(2) チーム作業時間	H	H	H	M	M	M	M	H	M	M	L	L	L	L
(β) 従業員負担	(1) 時間的ゆとり	L	L	L	L	L	L	L	L	M	M	M	M	M	M
	(2) 作業時間のばらつき	L	M	M	M	M	M	M	L	L	L	L	M	M	M



改善案のうちの最適解

# GSIを用いて労働生産性とQoWについて扱ったサービス現場及び製造現場での事例

現場[対象]	実施年 文献	目的	方法	効果・成果	測位技術	評価・分析の内容[指標・コンテンツ]									
						労働生産性		QoW				働きやすさ			
						労働の成果	労働投入量・コスト	身体的負荷	メンタル	動きが スキル	自発性	人間関係・組織	環境・安全	ダイバーシティ	
介護付 老人ホーム[ヘル パ、ナース]	2010 [25]	介護作業動線の 現状把握	動線計測、記述統計、聞き 取り	作業モデル化、 課題の見える化	PDR+ Active RFID +MAP	無駄な移動 [動線]				個人スキル・ チームワーク[動 線]					
旅館 [客室係(仲居)]	2011 [26]	スキル分析	動線計測、記述統計、回顧 インタビュー	スキル把握						主観的スキル [疑似FPV動 画、動線]					
日本食 レストラン1 [接客係、接客補 助係、配膳係]	2011 [27]	接客係の おもてなし改善	接客係の 身体負荷改善、 スキル分析	接客可能時間増加、 追加注文増加		PDR+BLE +MAP	追加注文数 [POS]	無駄な移動 [動線]	身体的負荷 [移動距離]	接客時間 [接客エリア潜 在時間]	個人スキル・ チームワーク[持 ち場専念率・守 備率]	改善提案	情報共有・業務実態透明化 [各地理空間情報]		
日本食 レストラン2 [接客係、接客補 助係、配膳係]	2012 [28]	新店舗 立ち上げ支援		(上記に加えて) 移動距離削減、 スキルモデル化											
日本食 レストラン3 [接客係、接客補 助係、配膳係]	2014 [29]	搬送ロボット 導入効果確認	動線計測、記述・推測統 計、QC活動	課題の見える化、 各種改善効果確認、早期 立ち上げ						本末業務専念率 [エリア潜在時間]					
高速道路SA [レストラン、 フードコート、 物販等従業員]	2022- 23 [11][1 2][23]	多能工化の効果と 影響の定量化/ 心身状態予測	動線計測、バイタル計測、 記述統計、アンケート、聞 き取り、非階層クラスター 分析、深層学習	多能工化前後の作業パ ターン・各統計量比較/ 心身状態予測精度評価			売上高	従事者数、時給、業 務時間長	身体的負荷 [移動距離]	心理的負荷 [感情価、覚 醒度]	個人スキル・チームワーク [作業パターン、担当持ち場数]		主観的ES [アンケート、聞き取り]		
旅客機 [客室乗務員]	2015 [31]	客室乗務員の「気 づき」学習を促進 するための教育支 援環境の構築	動線計測、記述統計、モデ ル化、回顧インタビュー	ドリンク提供時のスキル モデル化、教育支援						ドリンク提供 スキル比較 [動線]		振り返り	情報共有・業務実態透明化 [各地理空間情報]		
オフィス [社員]	2016	オフィス環境改善 (コミュニケーション ・運動空間 新設)	動線計測、記述統計	新設空間利用率向上、う んてい利用率向上(他の 取り組みと合わせて営業 利益増加)		RGB-Dカメ ラ	付加価値額 [営業利益率]		うんてい利用 率[エリア潜在 時間]				コミュニケーションの記述 統計[動線・エリア潜在時間]		
ビル メンテナンス [作業員]	2017 [4][32]	業務再編(多能工 化)の効果と影響の 定量化	動線計測、記述統計、アン ケート、聞き取り	再編前後の効果と課題の 明確化		PDR+BLE +MA	サービス品質 [顧客クレーム]	事務所作業量、無 駄な移動[動線]	身体的負荷 [移動距離]	心理的負荷 [時間的ゆ とり]			主観的ES [アンケート]		
物流倉庫1 [ピッキング作業 員]	2014 [33]	ピッキング作業動 線の把握、 改善シミュレ ーション	動線計測、記述・推測統 計、モデル化、シミュレ ーション	作業モデル化、 課題改善案提案と事前定 可視光通信		可視光通信		洗滞[潜在ヒート マップ]、人時作 業量、チーム作業 時間			客観的スキル[移 動速度、作業時 間]		公平性[作業者間の作業量 の偏り]		
物流倉庫2 [視覚障害者]	2018 -19	視覚障害者 就労支援の実現可 能性検証	測				請願者としての作業時 間比較[作業時間]						ロービジョン、 全盲者の作業可 能性[作業時間]		
ケーブル工場1 [製造作業員]	2018 -19	製造作業の 平準化	動				標準作業との乖離 [エリア潜在時間]			作業者間のばら つき[エリア潜在 時間]		情報共有・業務実態透明化 [各地理空間情報]			
ケーブル工場2 [製造作業員]	2018 -20 [7][34 ][35]	生産性向上、安全 管理、健康管理の 同時支援	動				無駄な移動 [移動距離]	身体的負荷・ 運動強度 [移動距離]				情報共有・業務実態透明 化・6M見える化 [各地理空間情報]	一人作業[動線] 人車分離[潜在 ヒートマップ]		
自動車部品工場 [製造作業員]	2021- 24 [9][10]	環境(温度・湿度 等)暴露負荷評価/ 作業パターン分析	測 記 き 可 能 性 検 証					身体的負荷 [だるさ]		個人スキル [作業パターン]			温熱環境評価 [暴露環境と主観 的な温熱感]		

③製造現場事例：  
労働環境暴露評価(温熱感、だるさ)

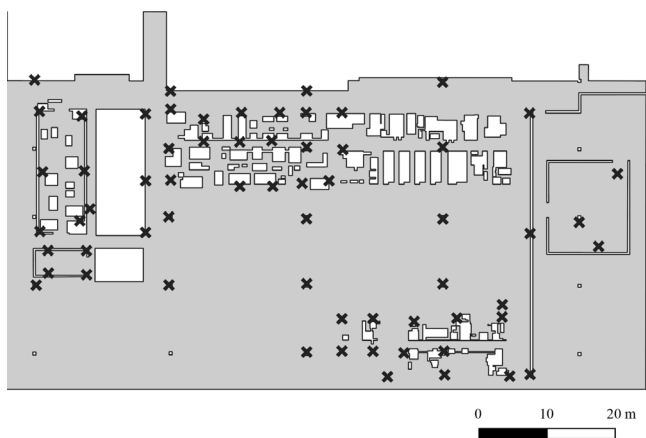
BLEビーコンと環境センサの設置位置 (x、y)

30

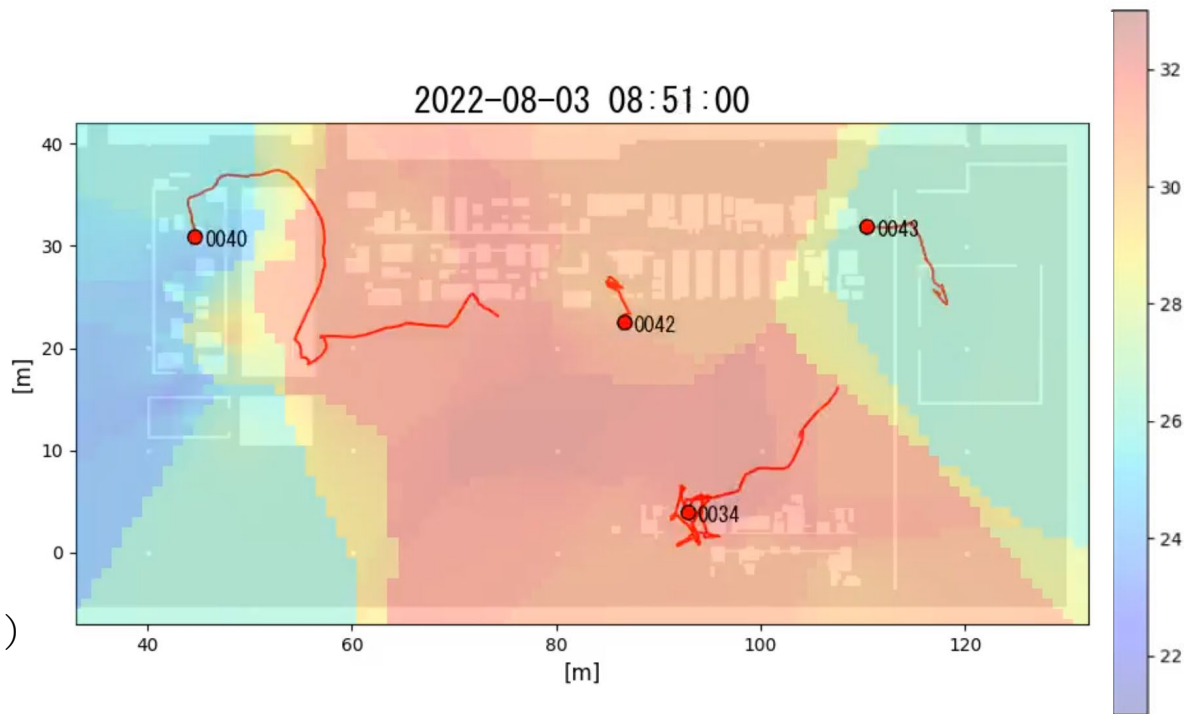
補験評価法 (図)：工場内各地点に設置した環境センサから工場内の温度分布を推定し、作業員位置情報と合わせて各作業員が暴露された環境を算出する  
 定座評価法：ある一地点(×)の環境をその工場における代表値とする(環境を一律と想定)

Naikie, S., et al., Geospatial intelligence system for evaluating the work environment and physical load of factory workers, the 45th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), pp. 1-5 (2023)


### ③製造現場事例： 労働環境暴露評価（温熱感、だるさ）



BLEビーコンと環境センサの設置位置（x）

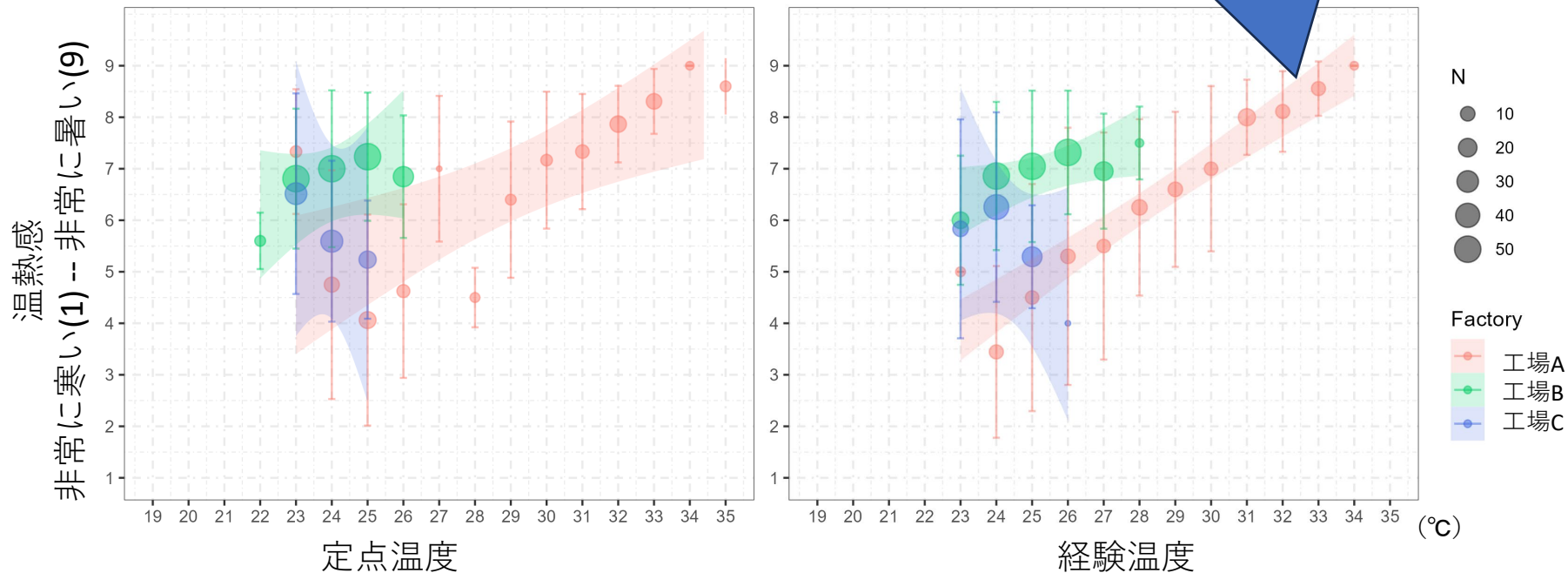


経験評価法（仮）：工場内各地点に設置した環境センサから工場内の温度分布を推定し、作業者位置情報と合わせて各作業者が暴露された環境を算出する

定点評価法：ある一地点（) の環境をその工場における代表値とする（環境を一様と仮定）

# 結果：暴露温度と温熱感（工場別）

アンケートを取らなくても  
（従業員の負荷を増やさなくとも）、主観を精度よく  
予測できる！



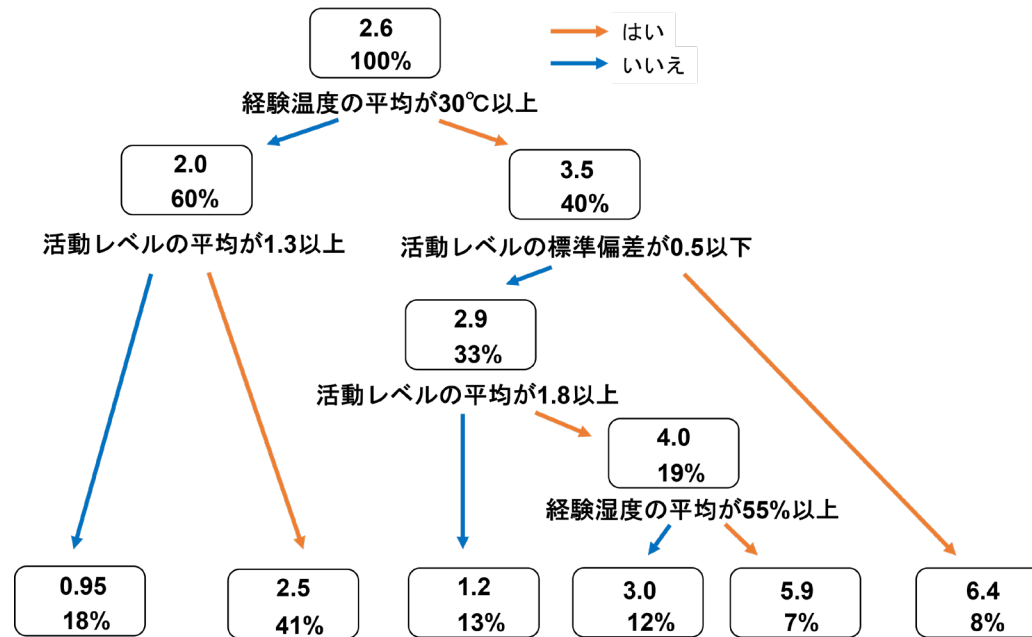
温熱感と定点温度：中程度の相関関係 ( $\rho=0.653$ )

温熱感と経験温度：強い相関関係 ( $\rho=0.724$ )

回帰直線の95%信頼区間（上記グラフの半透明のゾーン）は経験温度の方が定点温度にくらべて狭い → 業務従事者の温熱感をよりよく反映しているのは経験温度



# 結果：だるさの決定木分析



経験温度(平均)	25.8	27.7	<b>32.4</b>	<b>32.1</b>	<b>31.6</b>	<b>32.5</b>
経験温度(ばらつき)	0.97	1.95	1.21	1.83	1.36	0.50
経験湿度(平均)	59.1	56.5	52.9	50.4	57.6	48.9
経験湿度(ばらつき)	2.79	3.20	2.27	2.90	2.85	1.33
活動強度(平均)	1.24	1.98	1.64	2.17	2.12	<b>1.28</b>
活動強度(ばらつき)	0.23	1.26	0.70	1.42	1.32	<b>0.28</b>

- ・ 暴露気温が高い上に、あまり動きのない作業に従事していた者がもっともだるさを感じていた
- ・ 一方で、活動強度の高い作業に従事していた者もだるさを訴えていた

# GSIを用いて労働生産性とQoWについて扱ったサービス現場及び製造現場での事例

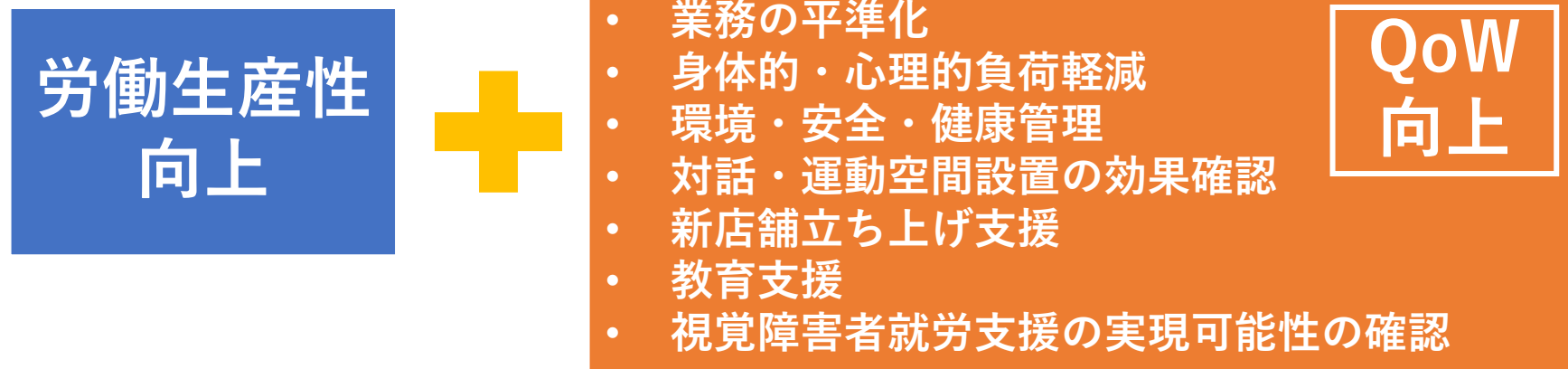
現場[対象]	実施年 文献	目的	方法	効果・成果	測位技術	評価・分析の内容 [指標・コンテンツ]											
						労働生産性		QoW				働きやすさ					
						労働の成果	労働投入量・コスト	健康	メンタル	動きが い	自発性	人間関係・組織	環境・安全	ダイバーシティ			
介護付老人ホーム[ヘルパ、ナース]	2010 [25]	介護作業動線の現状把握	動線計測、記述統計、聞き取り	作業モデル化、課題の見える化	PDR+Active RFID+MAP	無駄な移動【動線】				個人スキル・チームワーク【動線】							
旅館 [客室係(仲居)]	2011 [26]	スキル分析	動線計測、記述統計、回顧インタビュー	スキル把握						主観的スキル【疑似FPV動画、動線】							
日本食レストラン1 [接客係、接客補助係、配膳係]	2011 [27]	接客係のおもてなし改善	接客係の身体負担改善、スキル分析	接客可能時間増加、追加注文増加		無駄な移動【動線】				接客時間【接客エリア滞在時間】	個人スキル・チームワーク【持ち場専念率・守備率】	改善提案	情報共有・業務実態透明化【各地理空間情報】				
日本食レストラン2 [接客係、接客補助係、配膳係]	2012 [28]	接客係の身体負担改善、スキル分析		(上記に加えて)移動距離削減、スキルモデル化													
日本食レストラン3 [接客係、接客補助係、配膳係]	2014 [29]	新店舗立ち上げ支援	動線計測、記述・推測統計、QC活動	課題の見える化、各種改善効果確認、早期立ち上げ		労働生産性 [人時売上高]				本末業務率【滞在ヒートマップ】							
日本食レストラン3 [接客係、接客補助係、配膳係]	2018-19 [30]	搬送ロボット		人時売上高増加、						本末業務専念率【エリア滞在時間】							
高速道路SA [レストラン、フードコート、物販等従業員]	2022-23 [11][21][23]	目的 現状把握 → 改善 → 事前評価(シミュレーション) ⇒ 改善支援の改善	評価対象 労働生産性向上 + QoW向上	業務変更・多能化、再編の効果確認 スキル分析・スキル効果確認 ロボット導入の効果確認 業務の平準化 身体的・心理的負荷軽減 環境・安全・健康管理 対話・運動空間設置の効果確認 新店舗立ち上げ支援 教育支援 視覚障害者就労支援の実現可能性の確認		売上高	従事者数、時給、業務時間長	身体的負荷【移動距離】	心理的負荷【感情価、覚醒度】	個人スキル・チームワーク【作業パターン、担当持ち場数】				主観的ES【アンケート、聞き取り】			
旅客機 [客室乗務員]	2015 [31]									ドリンク提供スキル比較【動線】				振り返り	情報共有・業務実態透明化【各地理空間情報】		
オフィス [社員]	2016						付加価値額 [営業利益(率)]		うんてい利用率【エリア滞在時間】						コミュニケーションの記述統計【動線・エリア滞在時間】		
ビルメンテナンス [作業員]	2017 [4][32]						サービス品質 [顧客クレーム]	事務所作業量、無駄な移動【動線】	身体的負荷【移動距離】	心理的負荷【時間的ゆとり】					主観的ES【アンケート】		
物流倉庫1 [ピッキング作業員]	2014 [33]	ピッキング作業動線の把握、改善シミュレーション	動線計測、記述・推測統計、モデル化、シミュレーション	作業モデル化、課題改善案提案と事前定量評価	可視光通信	洗滞【滞在ヒートマップ】、入時作業量、チーム作業時間				客観的スキル【移動速度、作業時間】				公平性【作業者間の作業量の偏り】			
物流倉庫2 [視覚障害者]	2018-19	視覚障害者就労支援の実現可能性検証	測位に基づくピッキング作業指示	実現可能性確認	Passive RFID	暗眼者との作業時間比較【作業時間】									ロービジョン、全盲者の作業可能性【作業時間】		
ケーブル工場1 [製造作業員]	2018-19	製造作業の平準化	動線計測、記述統計、情報共有、OJT、回顧インタビュー	製造作業の平準化、課題抽出	BLE	標準作業との乖離【エリア滞在時間】				作業者間のばらつき【エリア滞在時間】		情報共有・業務実態透明化【各地理空間情報】					
ケーブル工場2 [製造作業員]	2018-20 [7][34][35]	生産性向上、安全管理、健康管理の同時支援	動線計測、記述統計、情報共有、POC実証	-	PDR+BLE+MAP	無駄な移動【移動距離】		身体的負荷・運動強度【移動距離】				情報共有・業務実態透明化・6M見える化【各地理空間情報】	一人作業【動線】 人車分離【滞在ヒートマップ】				
自動車部品工場 [製造作業員]	2021-24 [9][10]	環境(温度・湿度等)暴露負荷評価/作業パターン分析	動線計測、バイタル計測、記述統計、アンケート、聞き取り、相関分析、回帰分析、階層・非階層クラスター分析	暴露環境と主観的な温熱感、だるさとの比較/作業パターン抽出、例外作業抽出				身体的負荷【だるさ】		個人スキル【作業パターン】			温熱環境評価【暴露環境と主観的な温熱感】				

## GSIを用いた事例を俯瞰：産総研関連

### 目的



### 評価対象



# GSIを用いた事例を俯瞰：産総研関連

## 労働生産性に関する評価項目[指標]

地理空間情報から  
直接評価

地理空間情報を  
間接的に適用

それ以外

労働の成果	[売上高]	追加注文数[POS]
	付加価値額[営業利益(率)]	
	サービス品質[顧客クレーム]	
労働投入量・コスト	<u>無駄な移動[動線]</u>	
	<u>渋滞[滞在ヒートマップ]</u>	
	<u>標準作業との乖離[エリア滞在時間]</u>	
	[時給][人件費]	[作業量][作業時間]
	[設備稼働率][連続稼働時間]	
労働生産性	労働生産性[人時売上高]	

# GSIを用いた事例を俯瞰：産総研関連

## QoWに関する評価項目[指標]：健康

地理空間情報から  
直接評価

地理空間情報を  
間接的に適用

それ以外

健康	身体的負荷	[だるさ]	[移動距離]
	運動強度（運動促進）		
	運動機器利用率	[エリア滞在時間]	
	心理的負荷	[時間的ゆとり]	
		[感情価][覚醒度]	

# GSIを用いた事例を俯瞰：産総研関連

## QoWに関する評価項目[指標]：働きやすさ

- 地理空間情報から直接評価
- 地理空間情報を間接的に適用
- それ以外

働きやすさ	人間関係 組織	情報共有・業務実態透明化・6M見える化が行えているか	[各地理空間情報: 動線、ヒートマップ、 各指標]
		公平性	[作業者間の作業量の偏り]
		コミュニケーション	[動線・エリア滞在時間]
		従業員満足度 (ES)	[アンケート][聞き取り]
	労働環境	温熱環境	[暴露温度・湿度]
			[主観的な温熱感]
	安全	一人作業の安全確認 作業者と車両との交差状況	[動線]
			[滞在ヒートマップ]
	ダイバーシティ	ロービジョン・全盲者の作業可能性	[作業時間]

# GSIを用いた事例を俯瞰：産総研関連

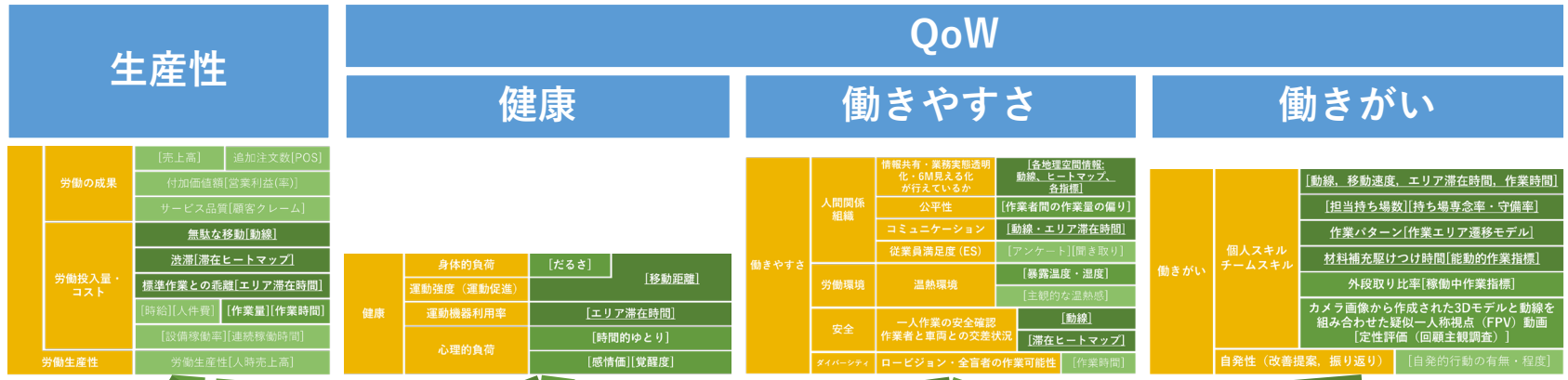
## QoWに関する評価項目[指標]：働きがい

- 地理空間情報から直接評価
- 地理空間情報を間接的に適用
- それ以外

働きがい	個人スキル チームスキル	[動線, 移動速度, エリア滞在時間, 作業時間]
		[担当持ち場数][持ち場専念率・守備率]
		作業パターン[作業エリア遷移モデル]
		材料補充駆けつけ時間[能動的作業指標]
		外段取り比率[稼働中作業指標]
		カメラ画像から作成された3Dモデルと動線を組み合わせた疑似一人称視点 (FPV) 動画 [定性評価 (回顧主観調査)]
	自発性 (改善提案, 振り返り)	[自発的行動の有無・程度]

# GSIを用いた事例を俯瞰：産総研関連

## 地理空間情報に関する評価項目[指標]：まとめ



**地理空間情報から直接評価**

- [動線]
- [移動距離]
- [移動速度]
- [エリア滞在時間]
- [滞在ヒートマップ]
- [担当持ち場数]
- [持ち場専念率・守備率]
- [能動的作業指標]
- [作業エリア遷移モデル]

**地理空間情報を間接的に適用**

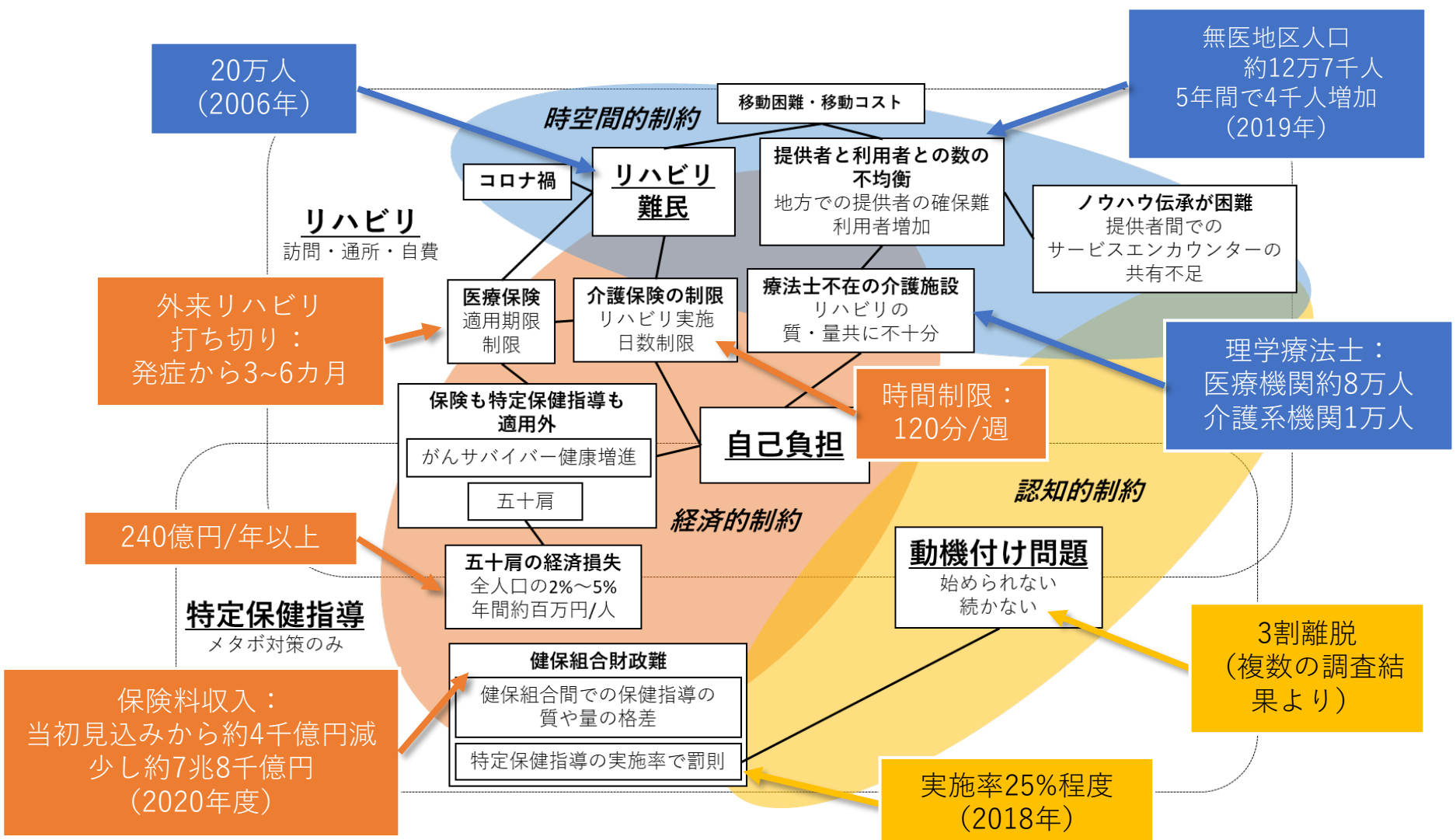
- [作業量]
- [作業時間]
- [時間的ゆとり]
- [作業者間の作業量の偏り]
- [稼働中作業指標]
- [暴露温度・湿度]
- [たるさ]
- [感情価][覚醒度]
- [定性評価(回顧主観調査)]

地理空間情報から直接評価

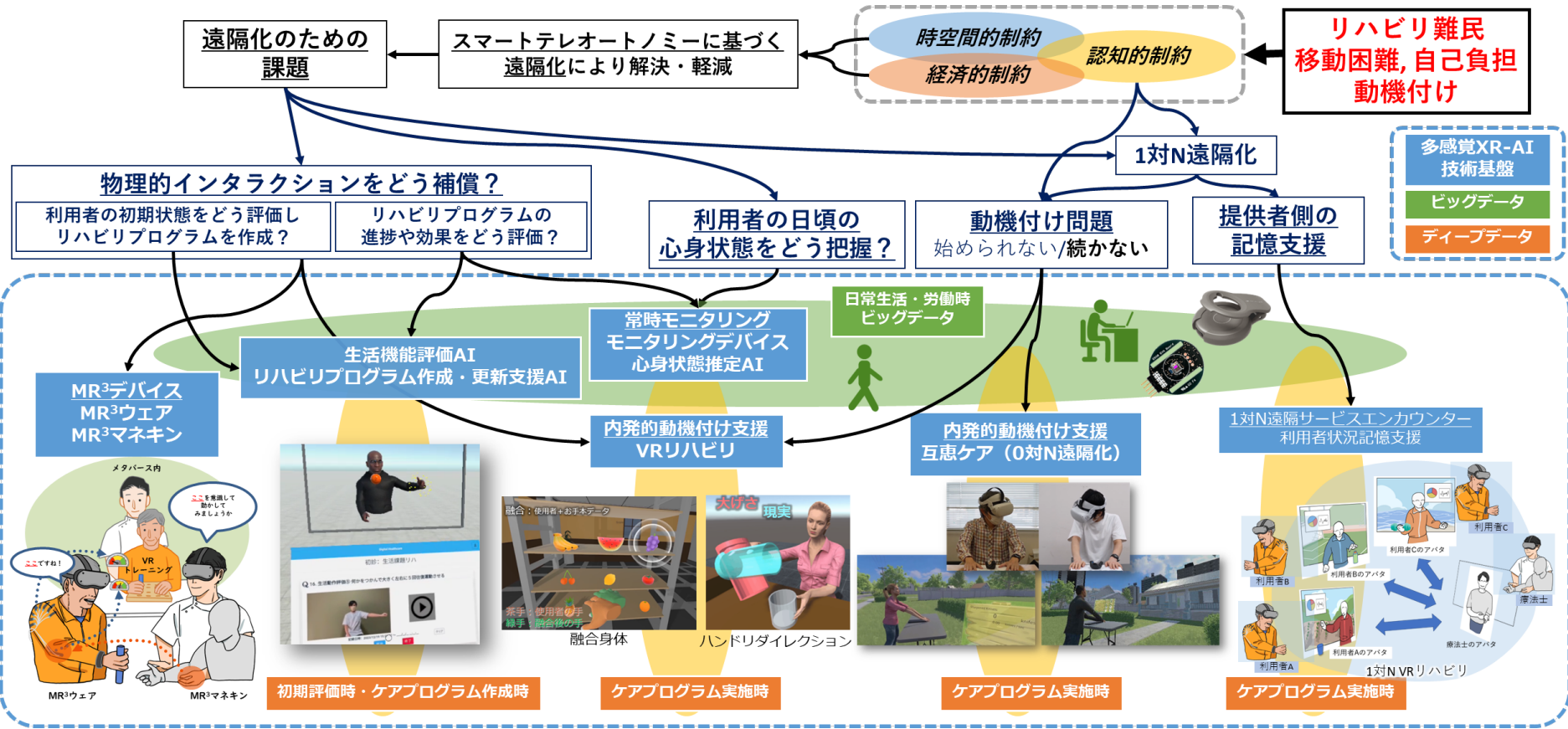
地理空間情報を間接的に適用



# 遠隔ヘルスケアのための多感覚XR-AI技術



# 遠隔ヘルスケアのための多感覚XR-AI技術



# 産総研・人間拡張研究センターの情報発信イベント

- 産総研つくばセンターの今年度の一般公開（特別公開）
  - 2024年10月5日（土）
  - 対象：主に高校生以上、共同研究などの連携にご興味のある方



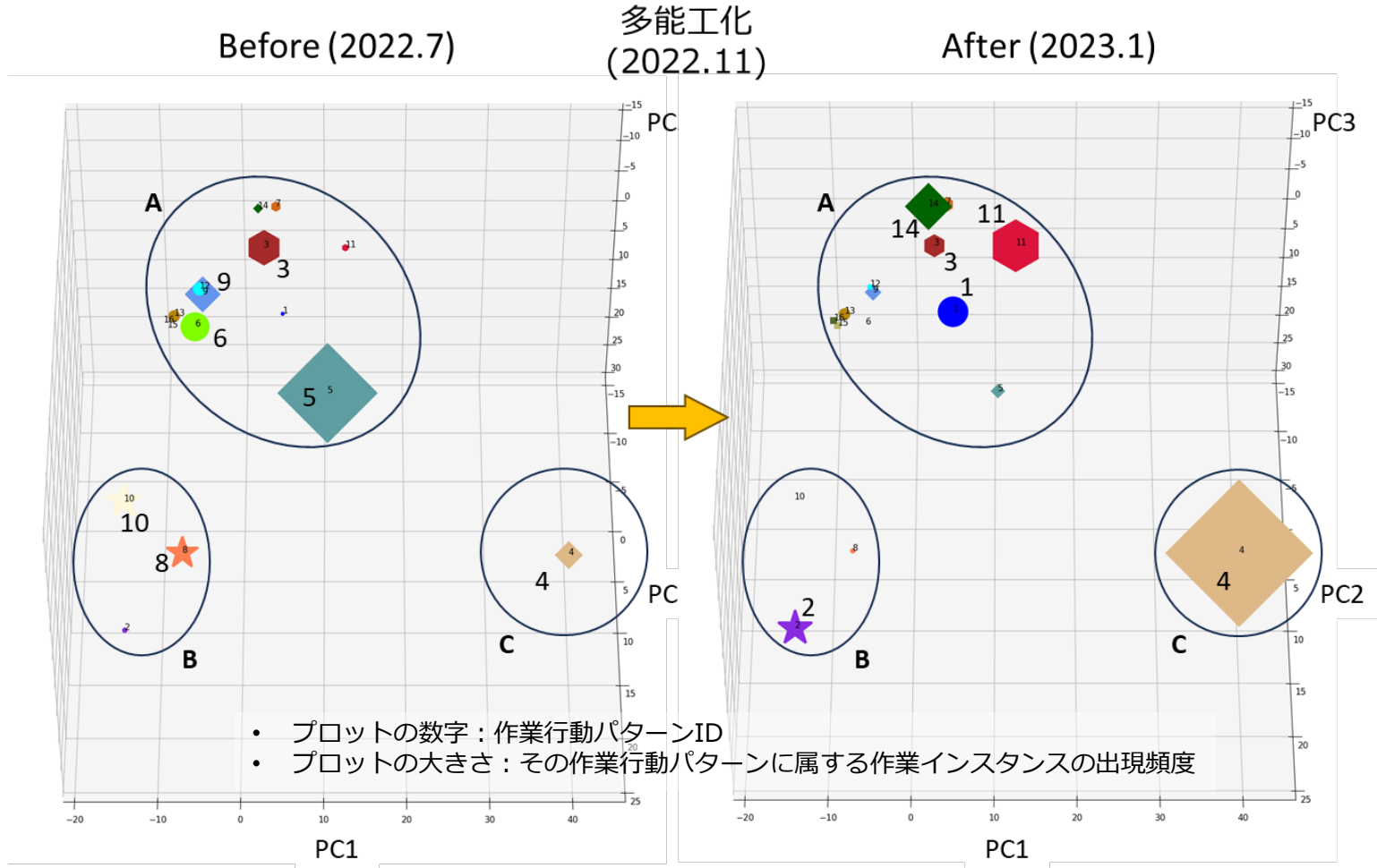
昨年度のバナー

- 人間拡張研究センターシンポジウム HARCS2024
  - 2024年11月28日（木）
  - ハイブリッド
    - 柏の葉キャンパス駅近く
    - Zoom

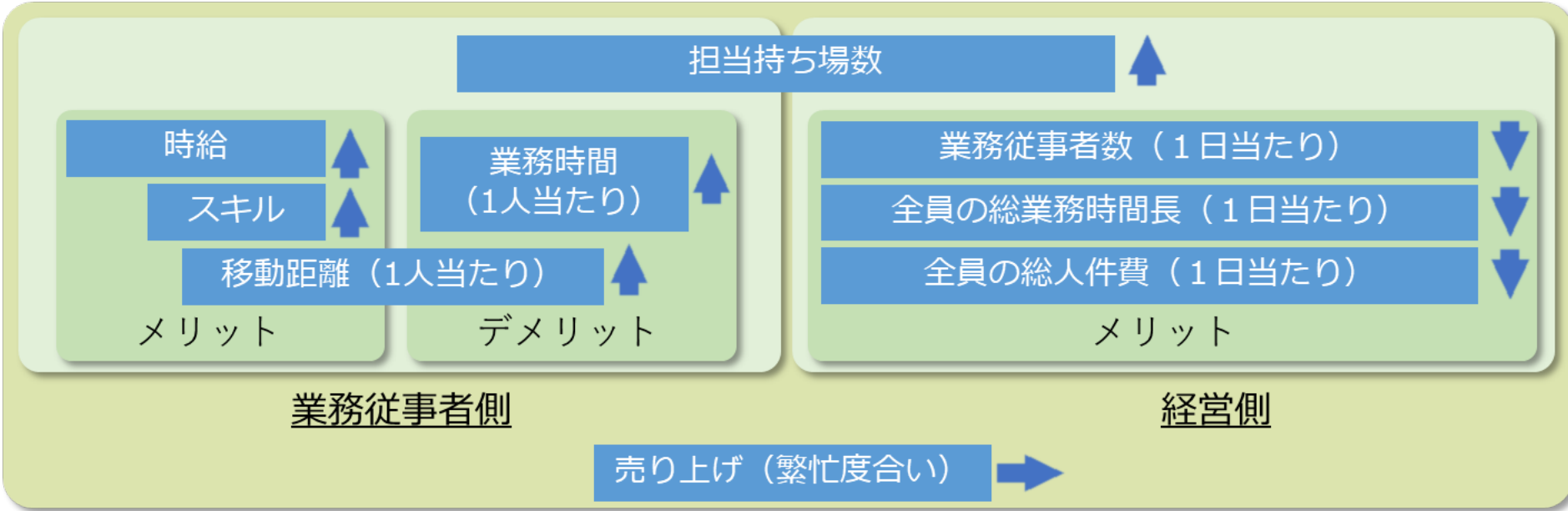


# 付録

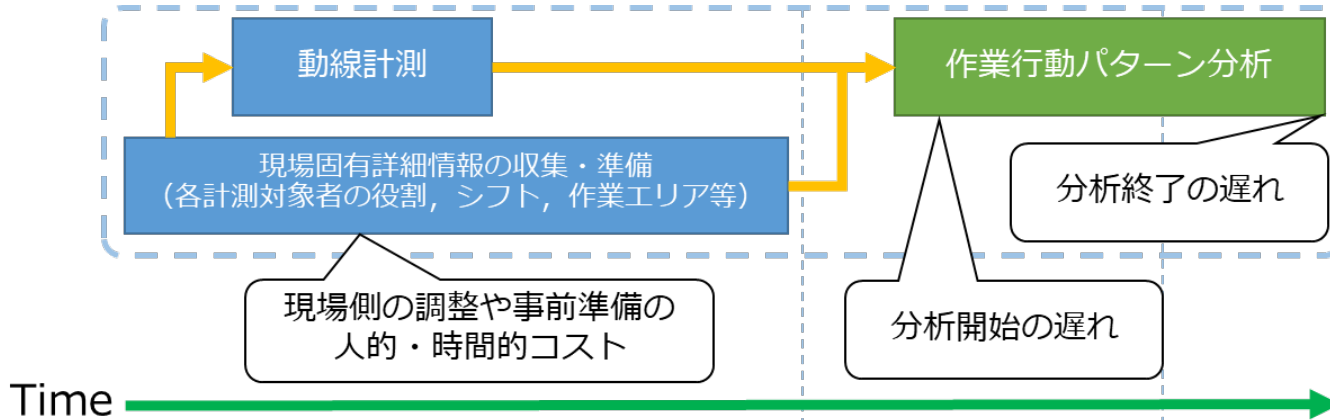
# 現場固有詳細情報を用いずに得られた分析結果:多能工化に関する比較



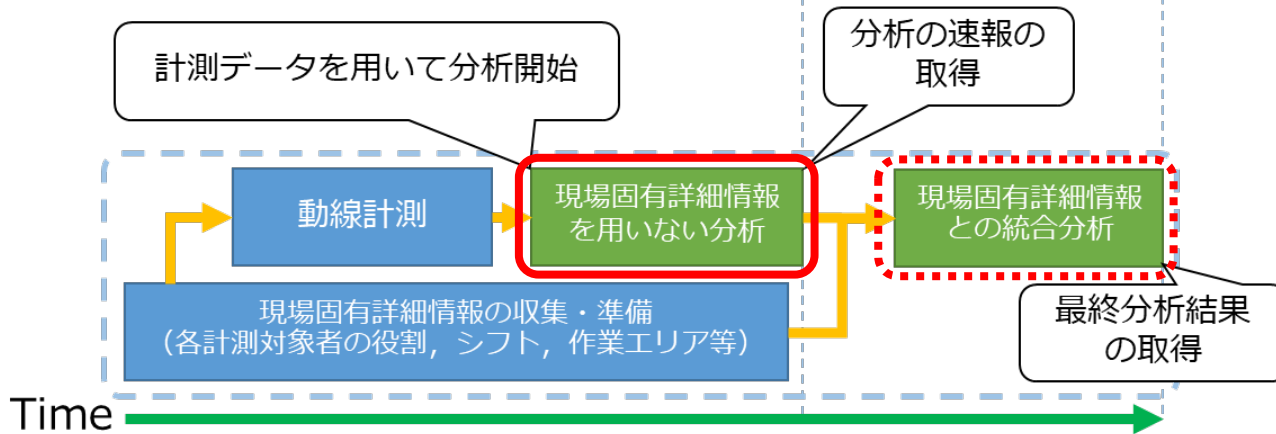
- 作業行動パターン16種の各代表インスタンス（1,102次元ベクトル）を主成分分析
- 第1～第3主成分軸で張られる3次元空間中の各代表インスタンスの散布図を比較
- 楕円で示すA～Cの3つの作業行動パターングループに着目
  - 各グループにおいて、作業行動パターンの出現頻度が大幅に変化



# 現場固有詳細情報と分析タイミング



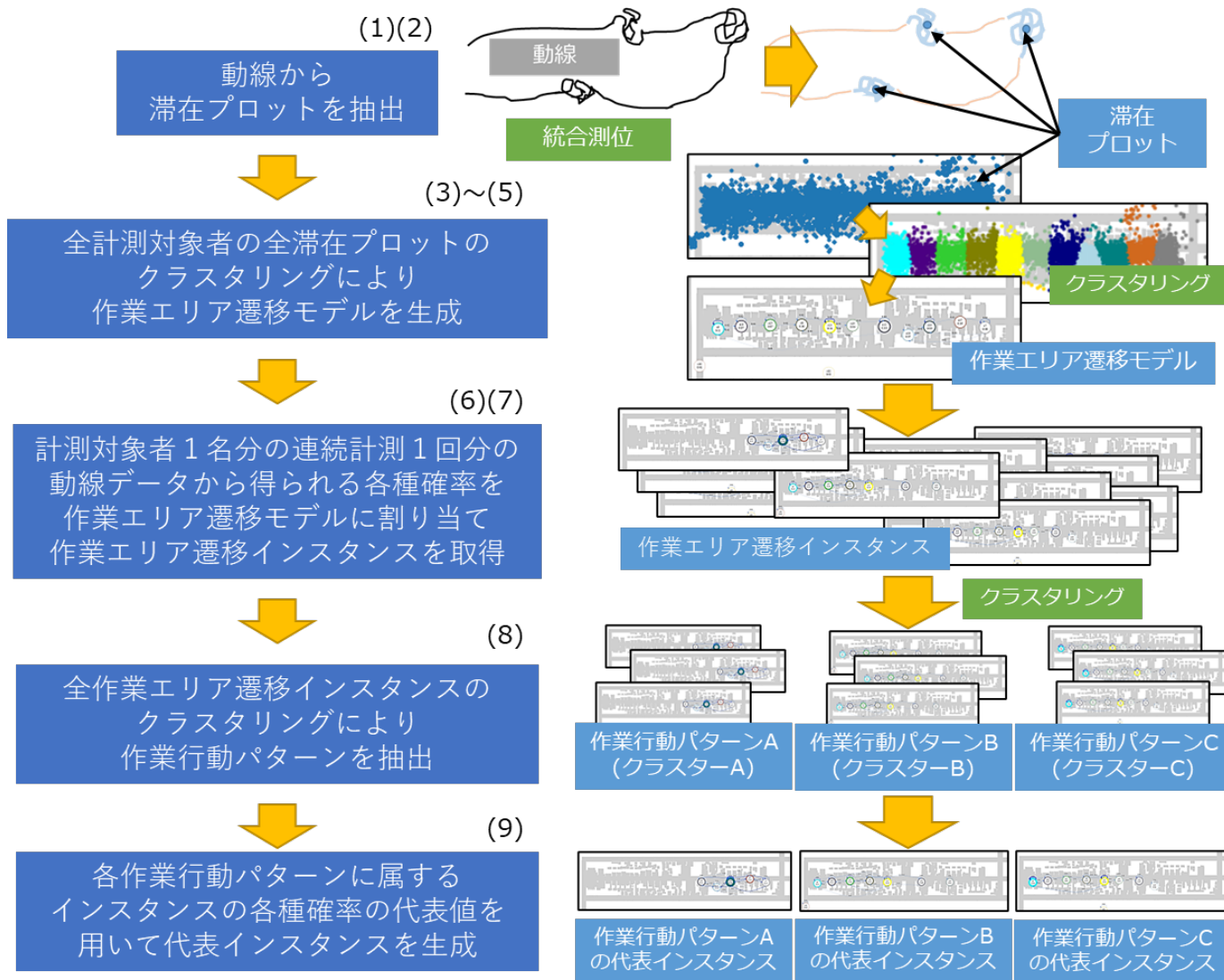
(A) 現場固有詳細情報の収集後に分析開始する場合



(B) 現場固有詳細情報なしで分析開始する場合 (本分析)

現場固有詳細情報：各従業員の仕事役割や詳細なシフト計画、典型的な作業エリア区分など、現場の聞き取りにより得られる非計測情報

# 作業行動パターン分析手法の概略

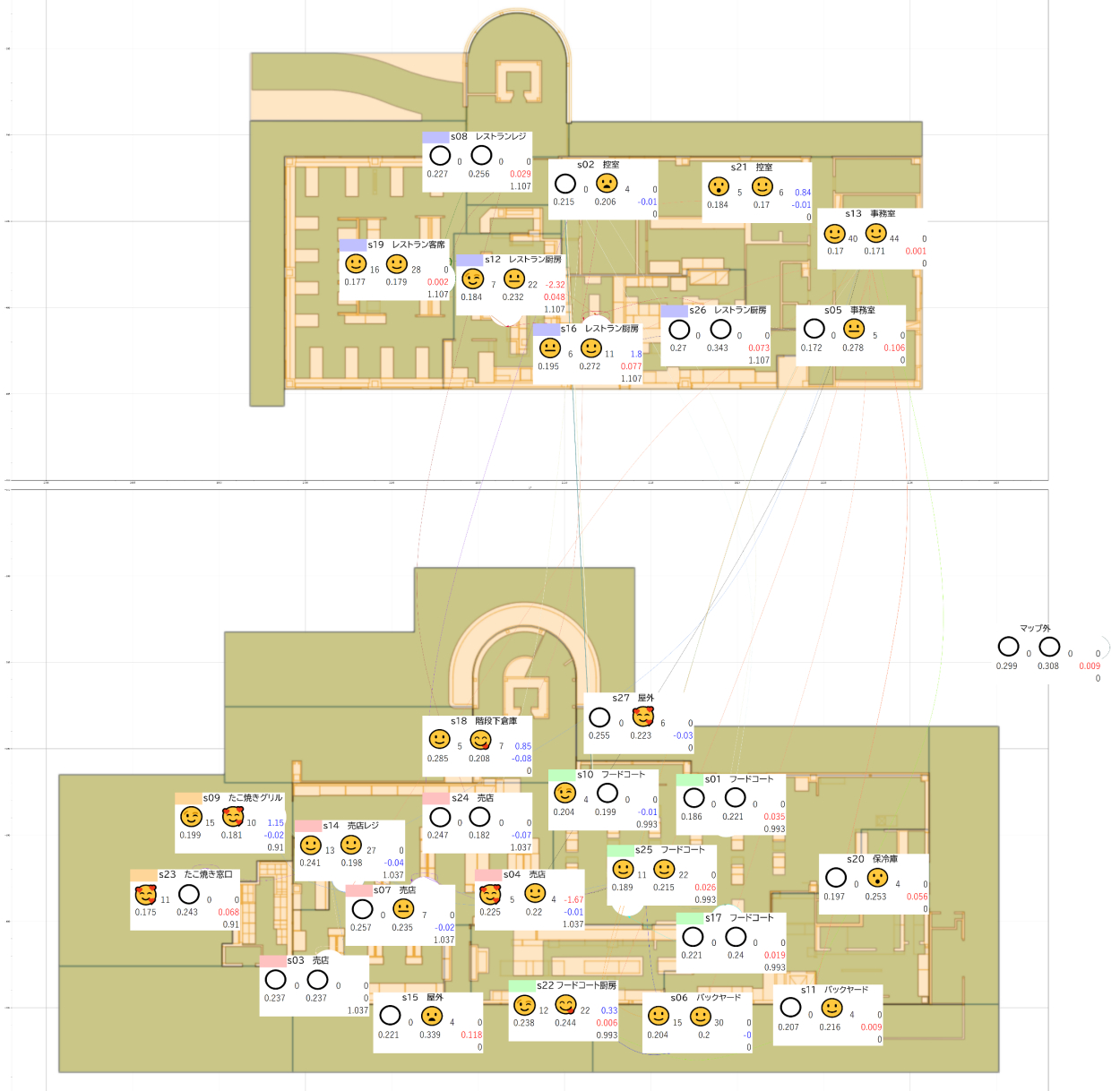




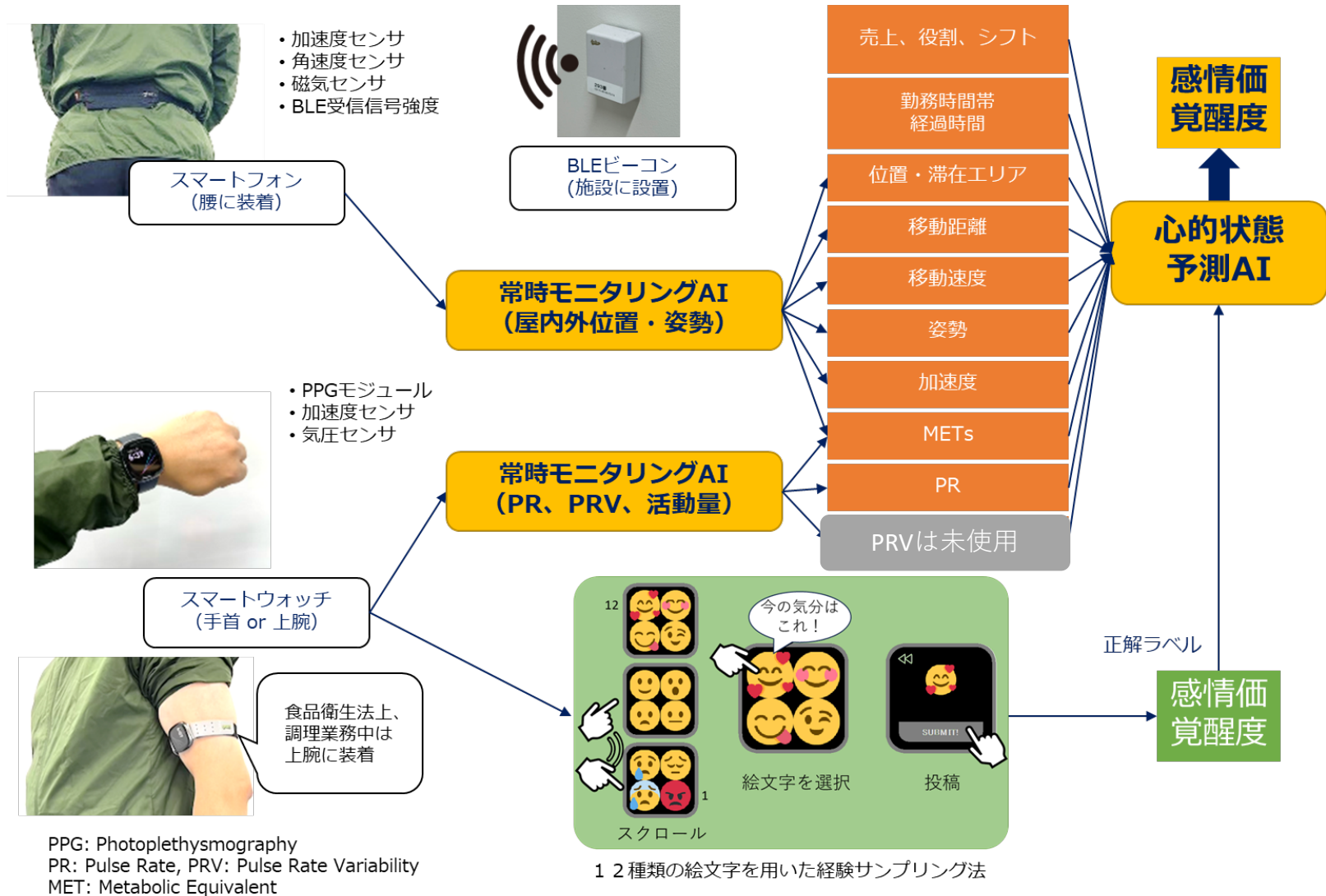
# 作業エリア(ノード)と感情 Before-After比較

凡例

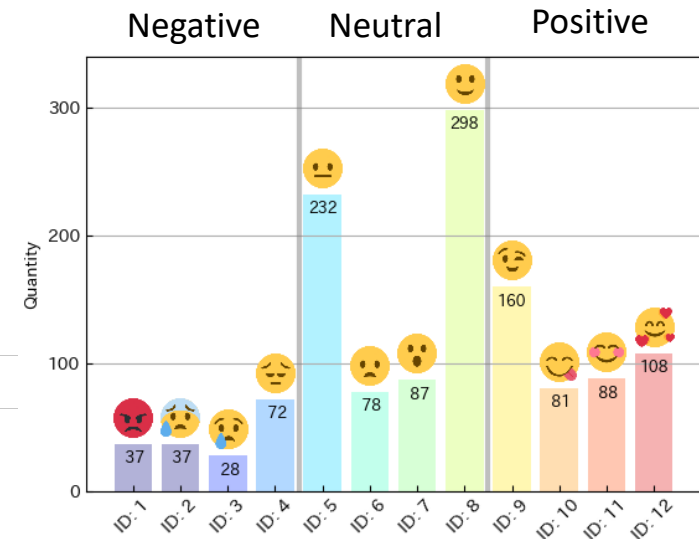
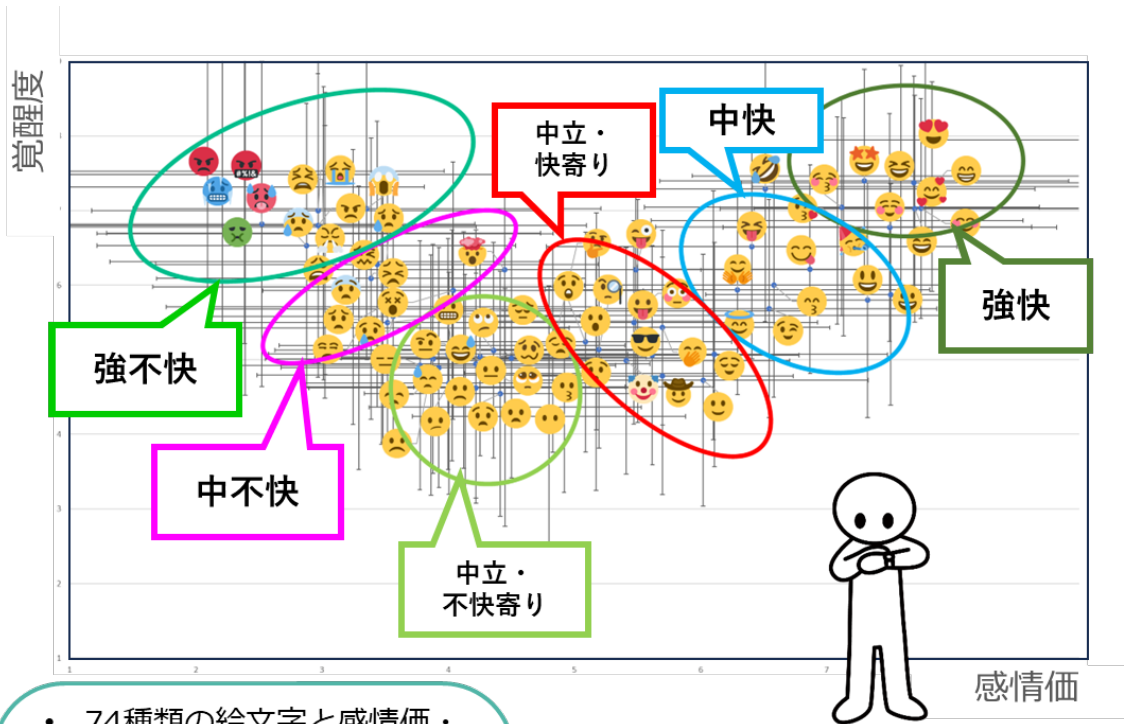
色:POSデータを取得したエリア	ノードID:stay01`stay27,マップ外	ノードが位置するエリア
7月計測		
emojil	最多押下数	emojil
心拍数予備能	心拍数予備能	Valence差(1月-7月)
		心拍数予備能差(1月-7月)
		売上金額伸び率(1月/7月)



# 心的状態予測



# 心的状態の正解値取集：経験サンプリング

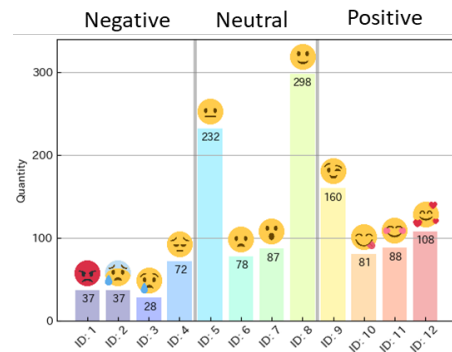
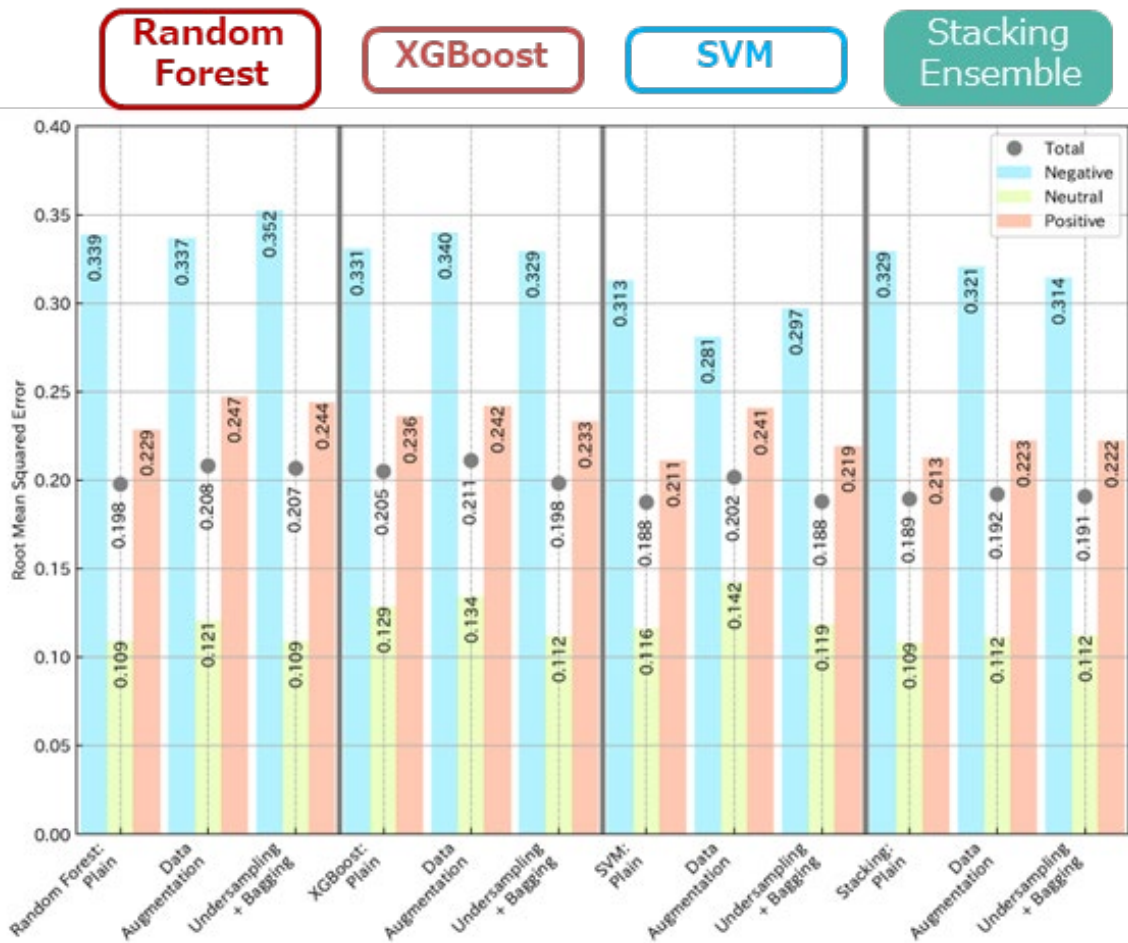


収集した絵文字の数  
不均衡データ対策が必要

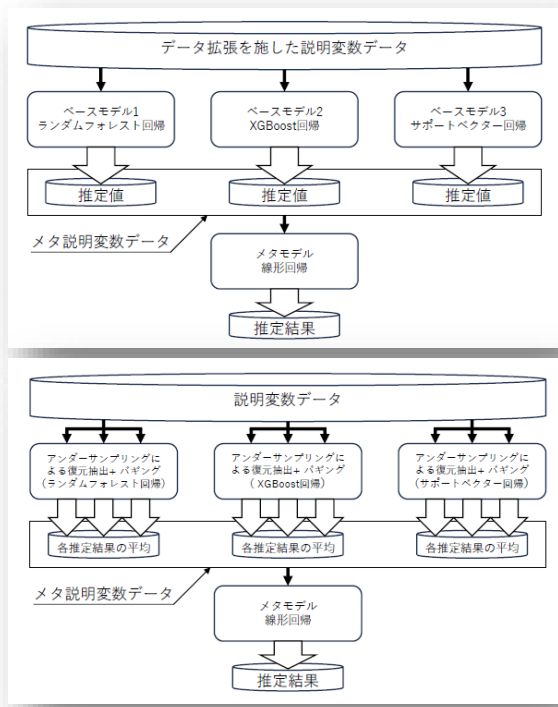
- 74種類の絵文字と感情価・覚醒度との関係を調査
- 6つのクラスタに分け、各クラスタの代表絵文字を2種類ずつ選定
- 計12種類の絵文字をスマートウォッチアプリで表示
- そのときの気分にあった絵文字を選択



# 機械学習モデルと不均衡データ対策手法

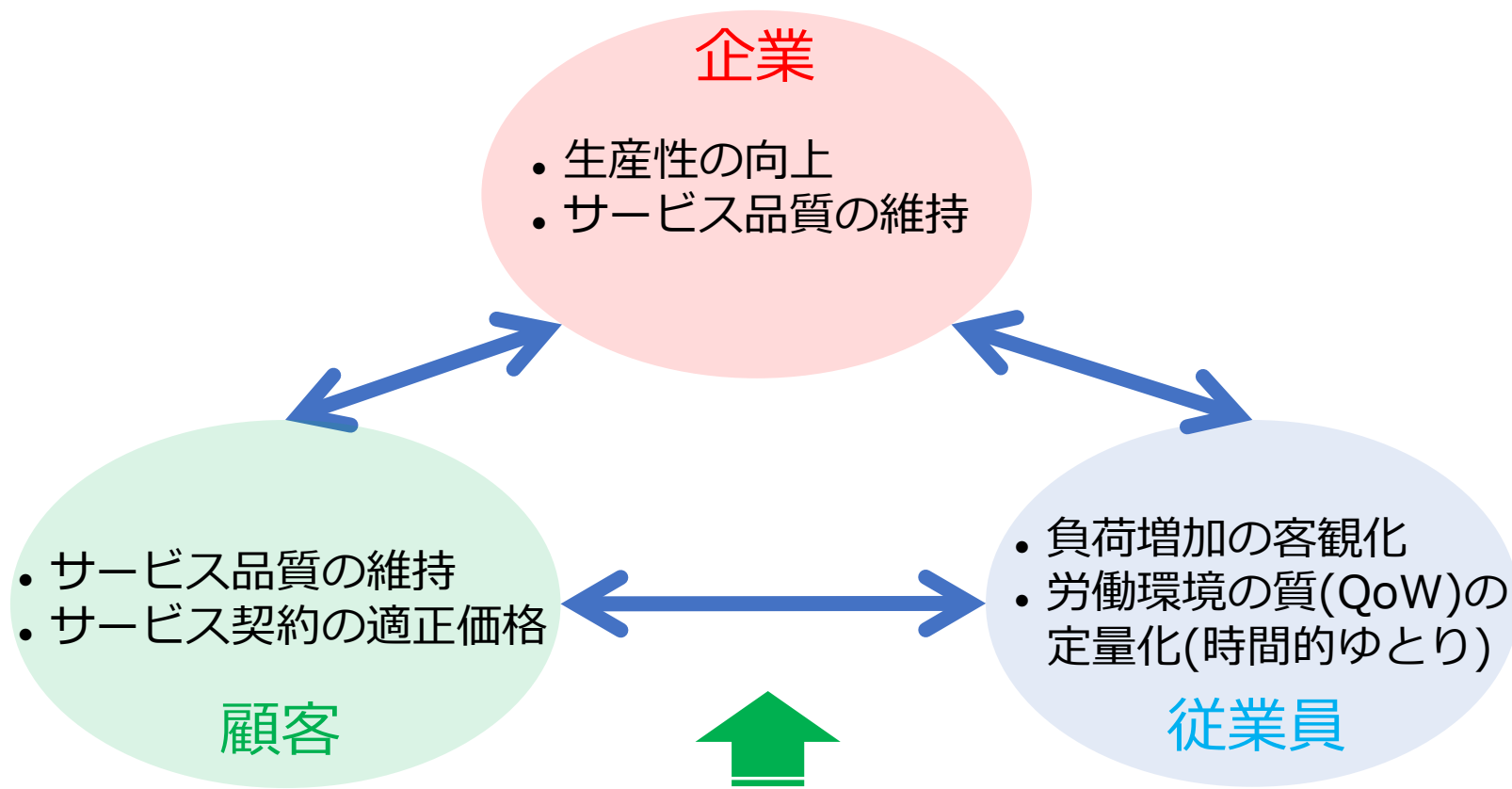


収集した絵文字の数  
不均衡データ対策が必要



- 各手法で大きな差は見られなかった
- SVM回帰の性能が良い印象
- 課題
  - ネガ・ポジ状態（特にネガ状態）に対する予測精度の更なる向上
  - 今回使わなかったPRV（心的状態を反映しやすい値）を追加した場合の精度の確認

# 三方良し？！：効率化・サービスの質・QoW



## 大規模業務再編に伴う業務内容の変化

再編内容: ビルごとの独立管理 → 複数ビル (2棟) の群管理

変化点: 2棟のビルを担当、人員削減 (18%減)、集中遠隔監視で事務所内業務減、メンテ作業増、ビル間移動の負荷増加の懸念

# 業務再編効果分析の方法

- 従業員行動計測，事務業記録アプリの導入と現場取得データを用いた作業内容の客観的把握・分析



調査1回目: 2017/6/24~2017/7/2 → Before  
 調査2回目: 2017/9/30~2017/10/9 → After



アプリで  
選択肢から  
選択して入力

CAFM(Computer  
Aided Facility  
Management)  
データから変換

スマホで，ジャイロ，加速度，  
磁気，気圧データとBLEビーコン  
からの信号を記録して測位

事務作業入力

業務記録

測位データ

↓  
事務所内の  
作業把握

↓  
事務所外の作業，  
作業計画を把握

↓  
移動，滞在エリア・  
時間・距離の推定

作業内訳修正⇒記録矛盾の解消

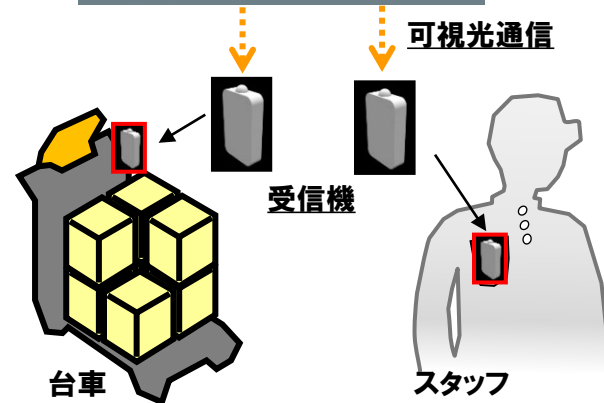
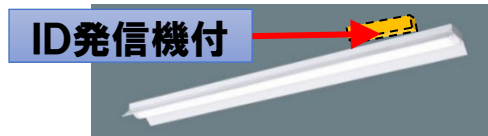
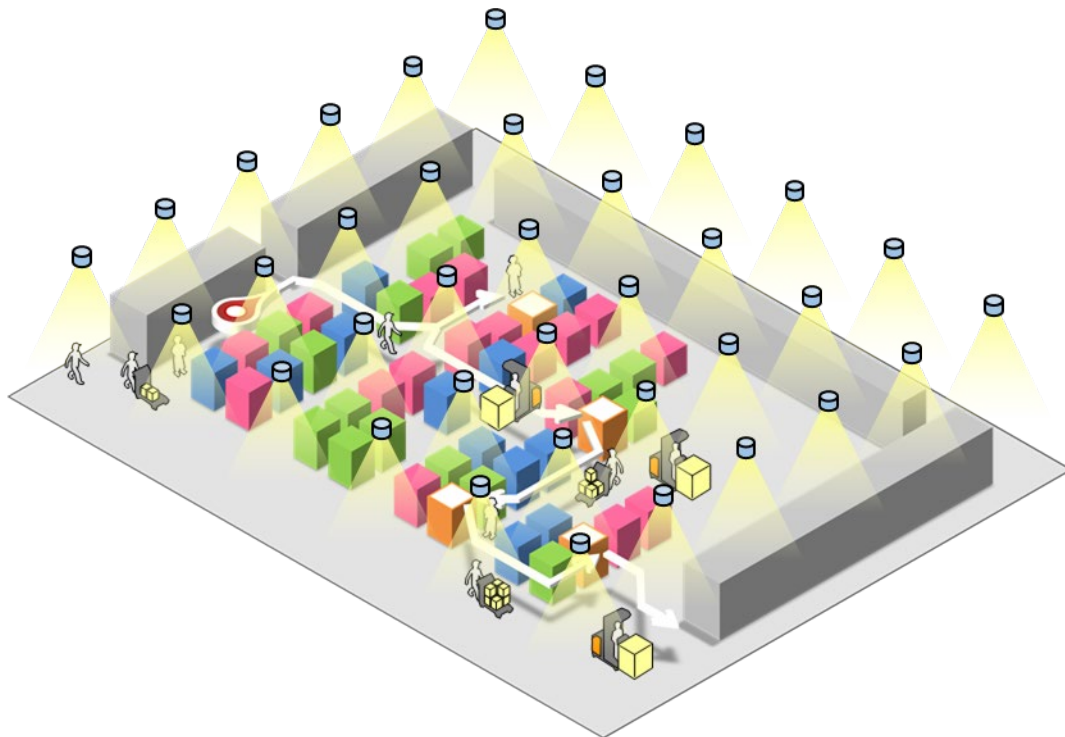


時間 ←

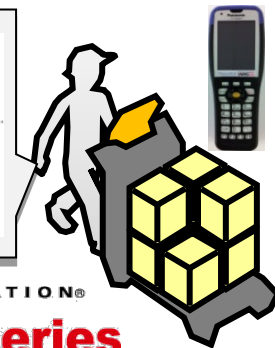
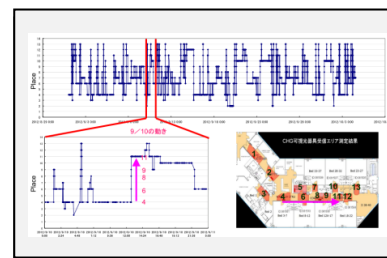
# 屋内位置情報測位システムを設置し、スタッフ(台車)の作業動線の見える化と、傾向分析の基礎データの自動収集

可視光通信用照明機器(LUMICODE対応※)

受信機を付けたスタッフ(台車)が、倉庫内をピッキングしている最中に、**自動的に位置情報を取得する。**



ピッキング作業の作業動線を把握

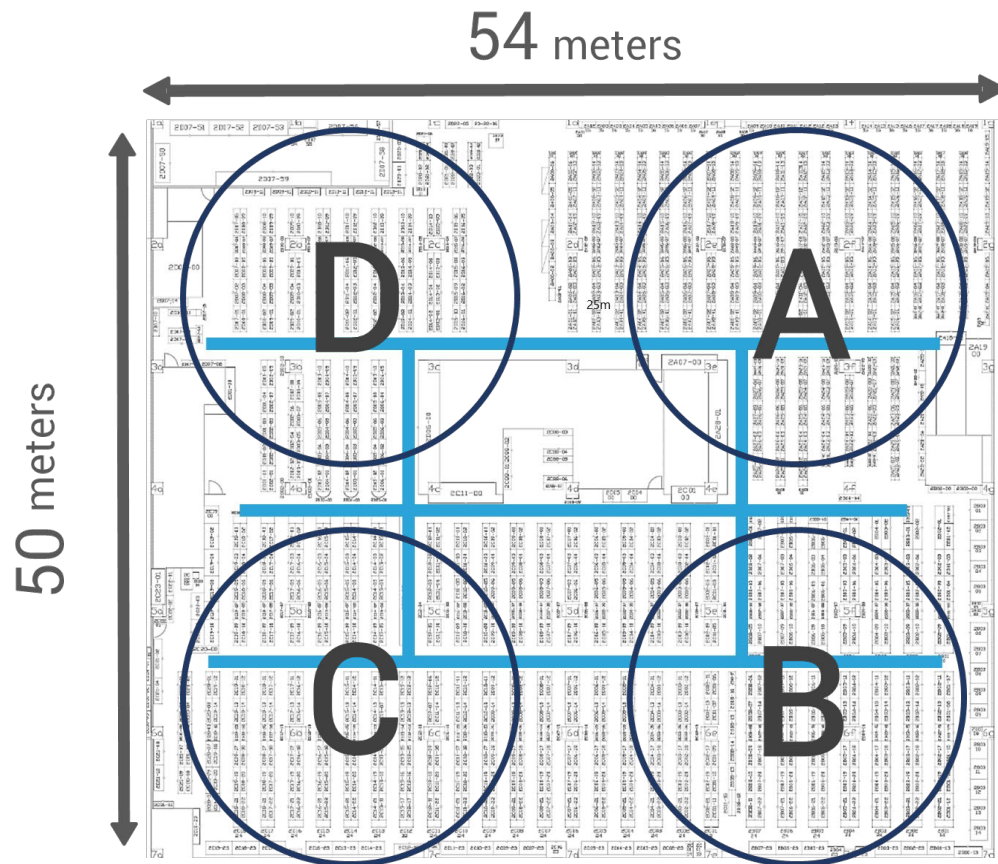


LOGISTICS STATION®  
**iWMS Series**

倉庫管理システム(WMS)のHTでのピッキング実績情報と上記位置情報を組合せて動線分析を行う。

※LUMICODEはパナソニックの商品名です

# 計測対象の物流倉庫



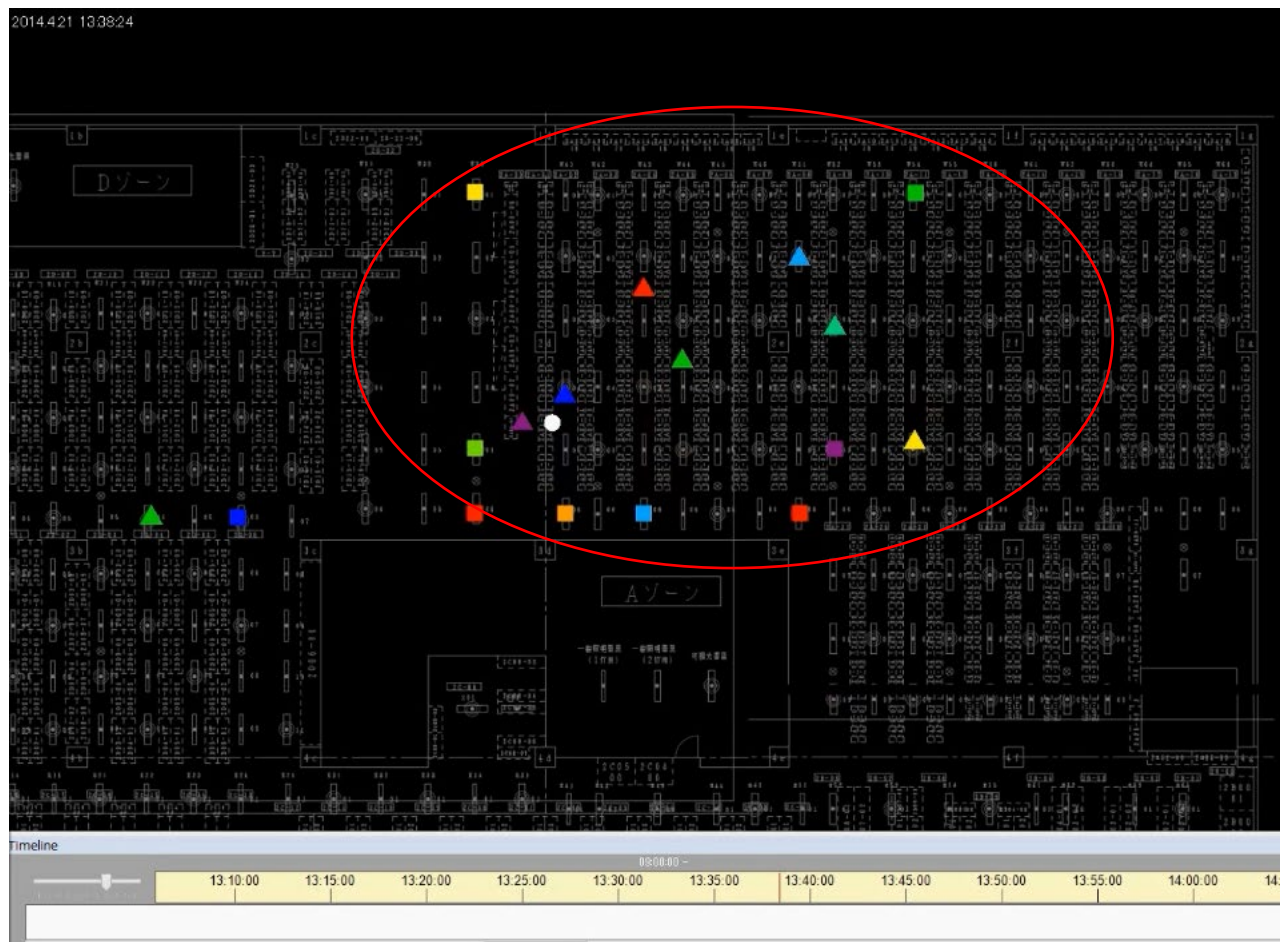
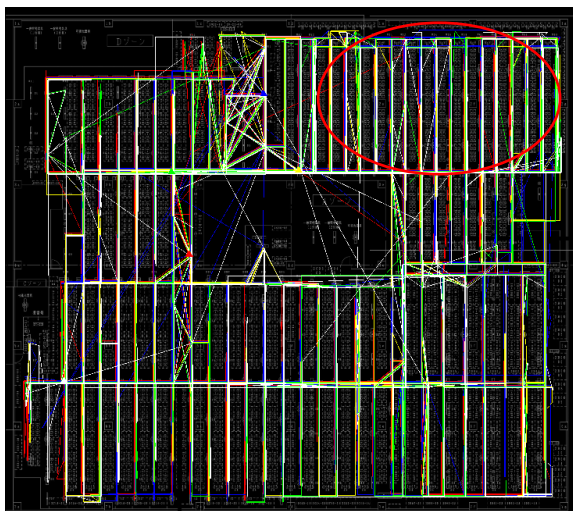
## ● 物流倉庫の特徴

- 大通りと狭い通路で構成
- 商品が多品種少量  
点数 76,000  
商品の半数の出荷頻度が2回以下
- 4つのエリアに分割
- 高頻度商品がAゾーンに集中



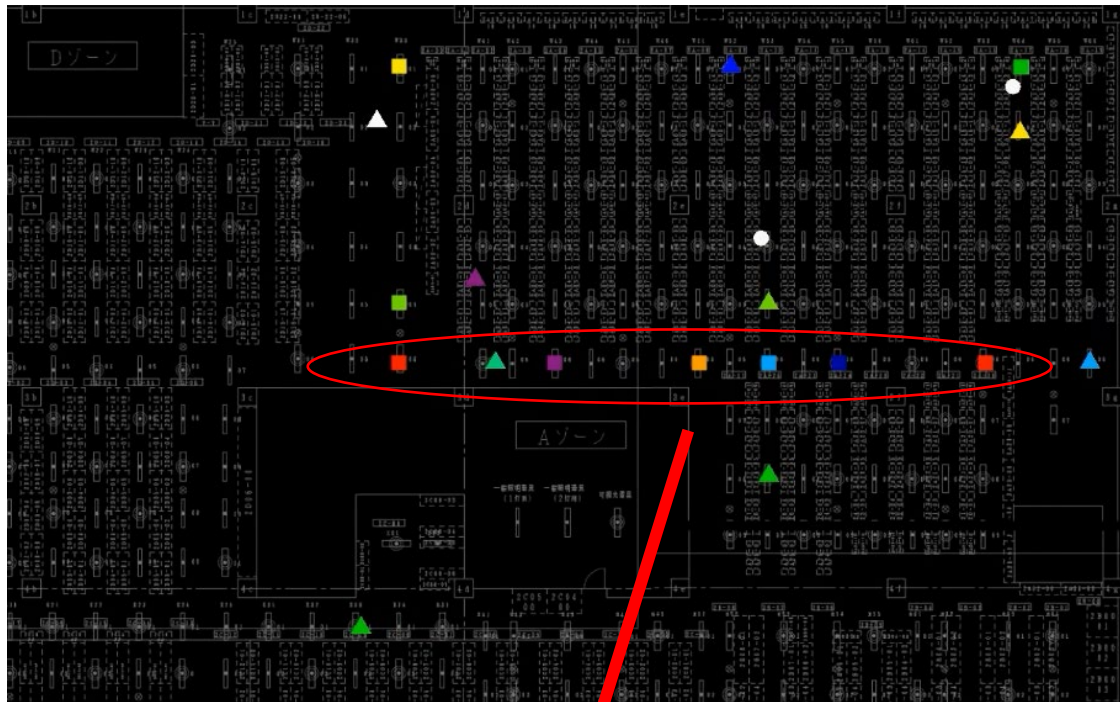
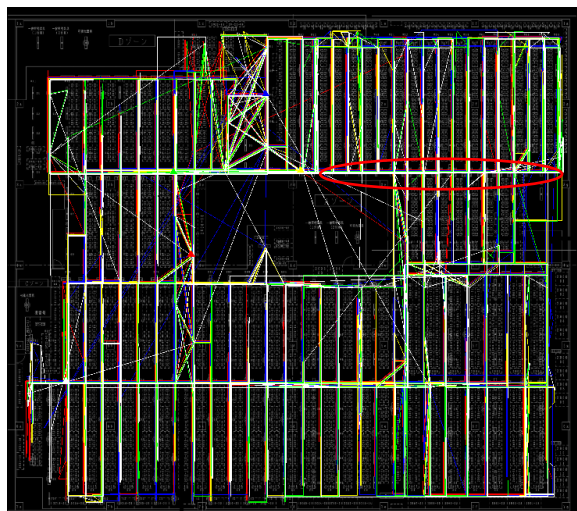
# 混雑に着目：昼休み後の従業員と カートの動きより (13:30~13:50)

- 昼休み後はA（右上）エリアにピッキングが集中

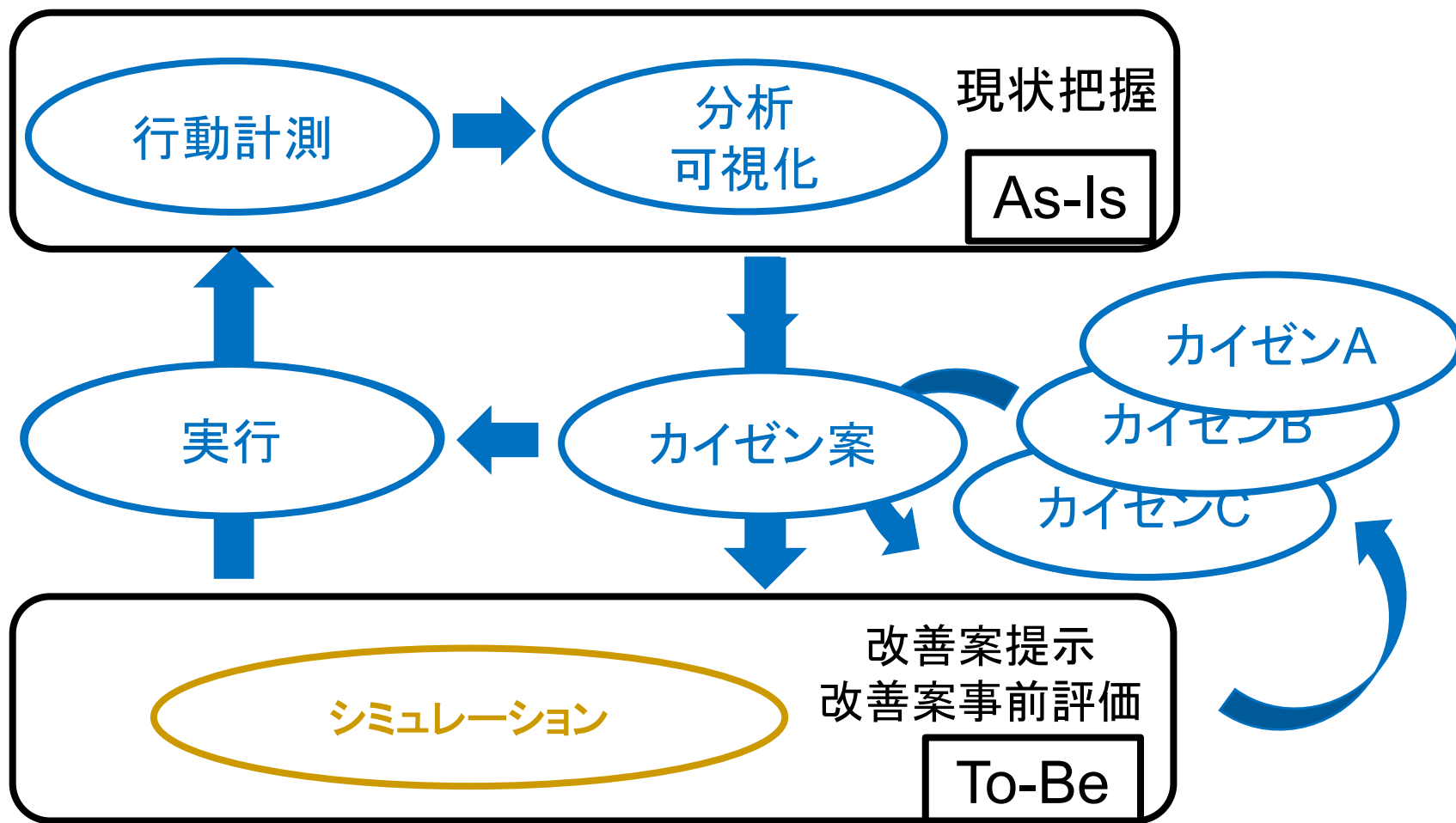


# 混雑に着目：昼休み後の従業員と カートの動きより (13:30~13:50)

- カートが大通りに並んでおり、効率が悪い可能性あり

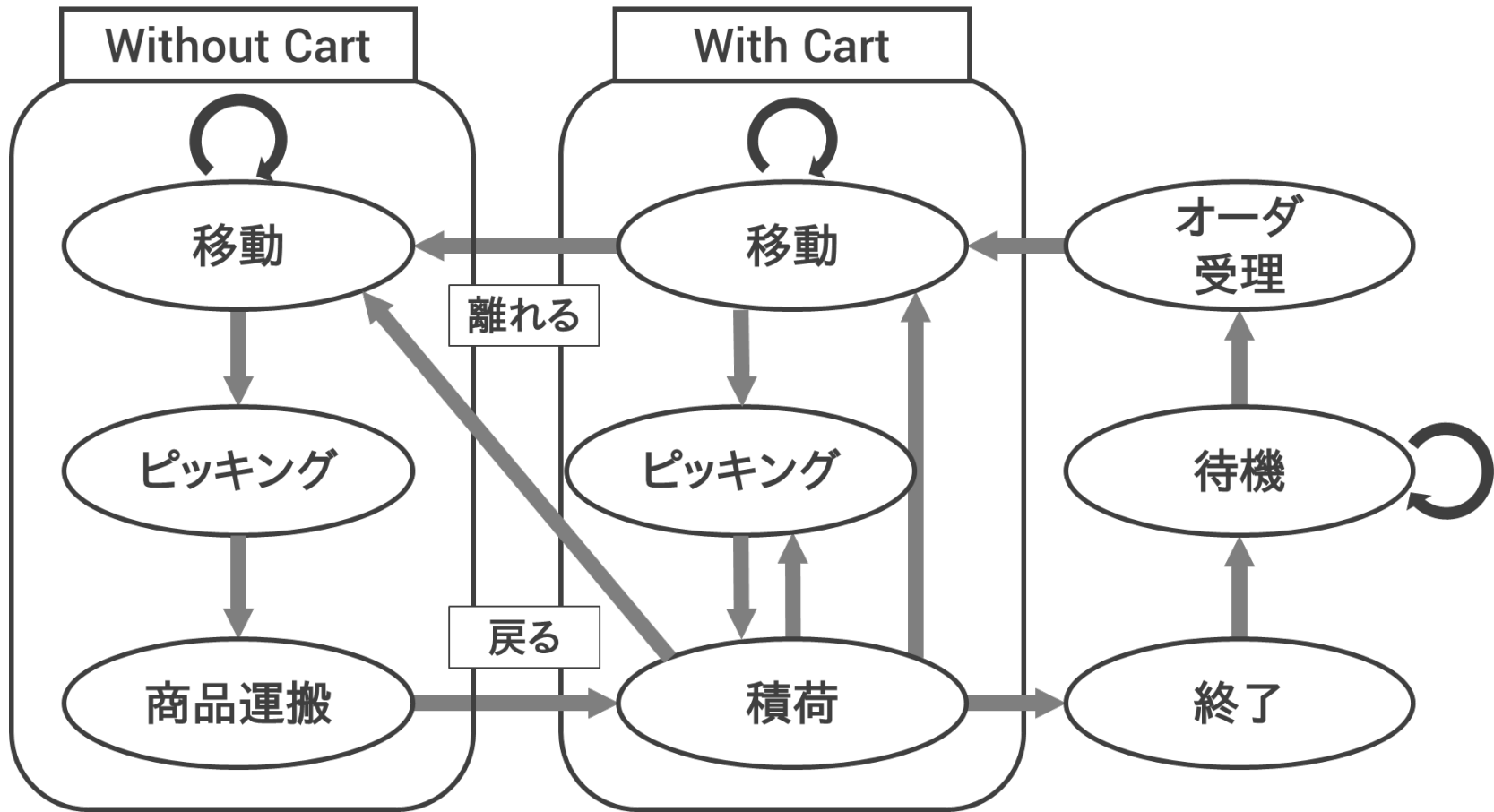


# カイゼン活動の改善



# ピッキング作業モデルの構築

## 決定性有限オートマトンを用いた状態遷移図



各状態におけるパラメータを実測値から算出

# シミュレーションの再現性の検証

実測値から算出したシミュレーションのパラメータ

	歩行速度 (m/s)	歩行速度 with cart (m/s)	ピッキング 作業時間 (s)	積み荷 作業時間 (s)	経路 補正值
Skill- A	1.58	1.31	21.21	22.14	1.186
Skill- B	1.27	1.28	15.70	22.02	1.496
Skill- C	1.43	1.23	14.47	22.09	1.427

(A : 3名, B : 2名、C : 3名の8名分二ヶ月間のデータから算出)

# 日本食レストランへのロボット導入事例： 付加価値向上プロセスの再構成



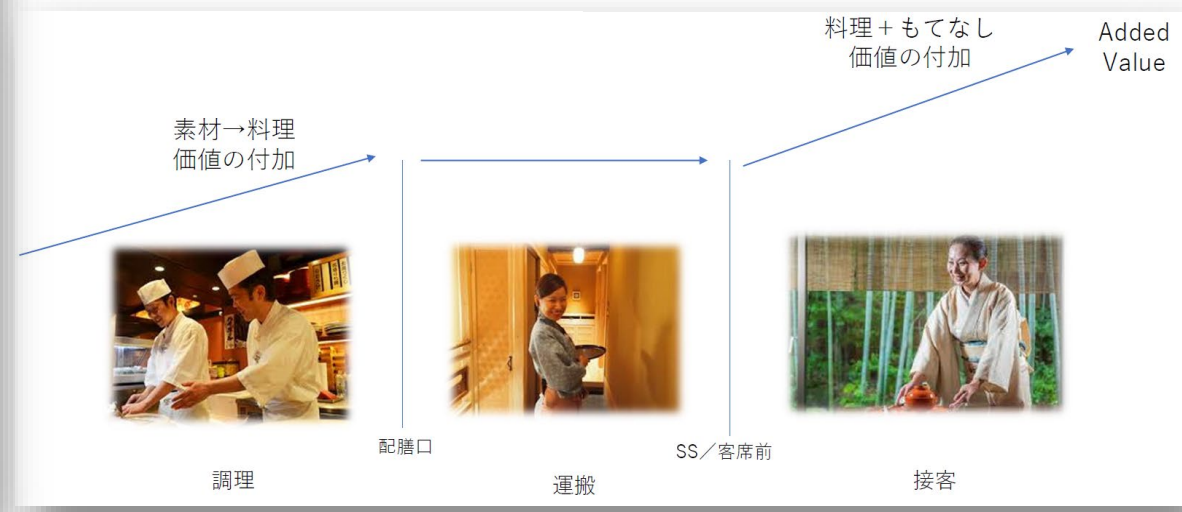
- ・ 調理 = 素材をおいしく、美しい料理に = 価値創造
  - ・ 運搬 = 完成した料理や飲み物を移動させるだけ
  - ・ 接客 = お客様に言葉や笑顔で心的満足を = 価値創造
- 人間が価値創造に集中する構造を作る



**日本サービス大賞**  
NIHON SERVICE AWARD  
経済産業大臣賞 (2020)

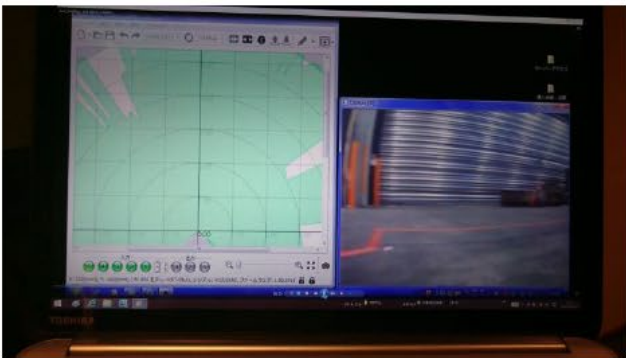
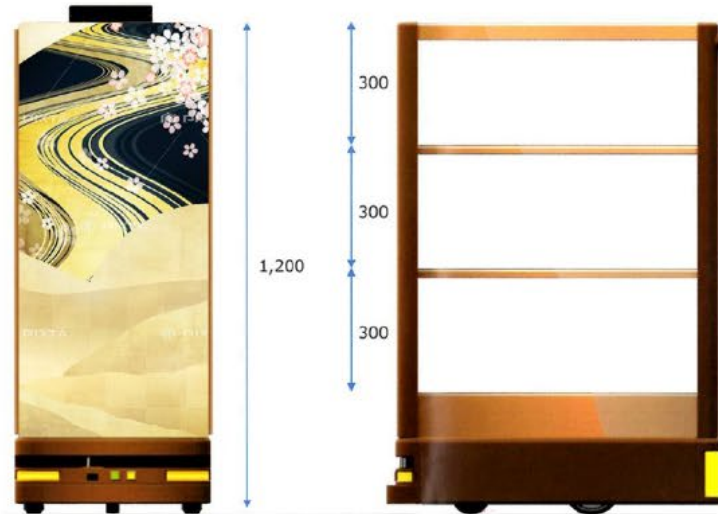


**THE ROBOT AWARD**  
**ロボット大賞**  
日本工業会連合会会長賞 (2018)



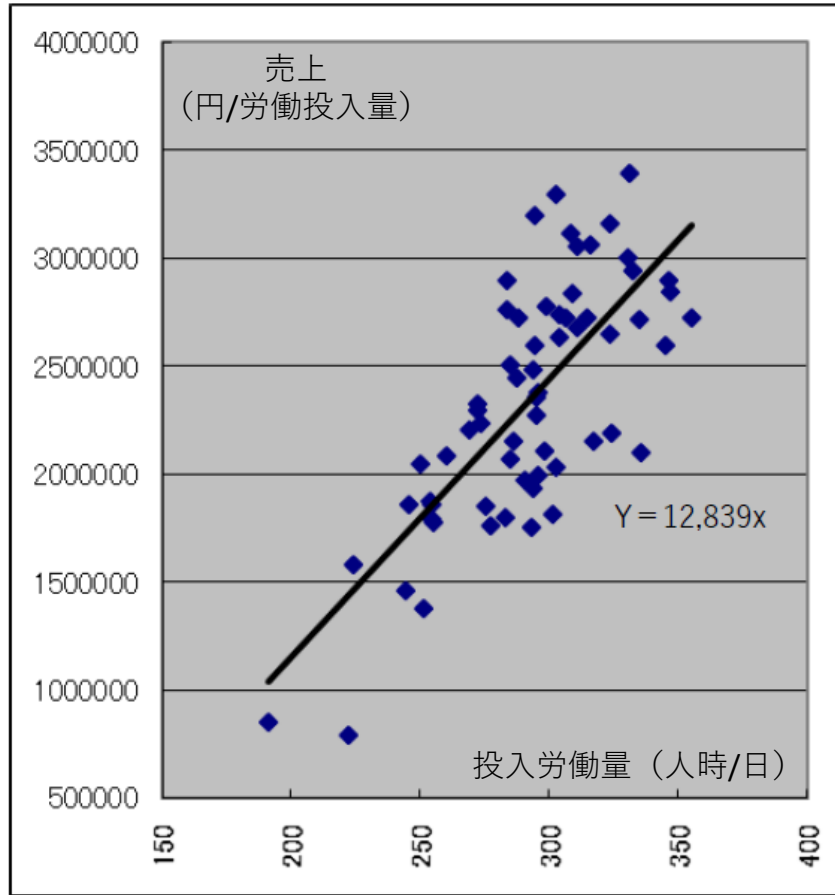
# 人と搬送ロボットとの協調

- ・従業員は、付加価値向上に寄与するおもてなし作業に専念
- ・ロボットは、付加価値向上に関与しない搬送工程を分担

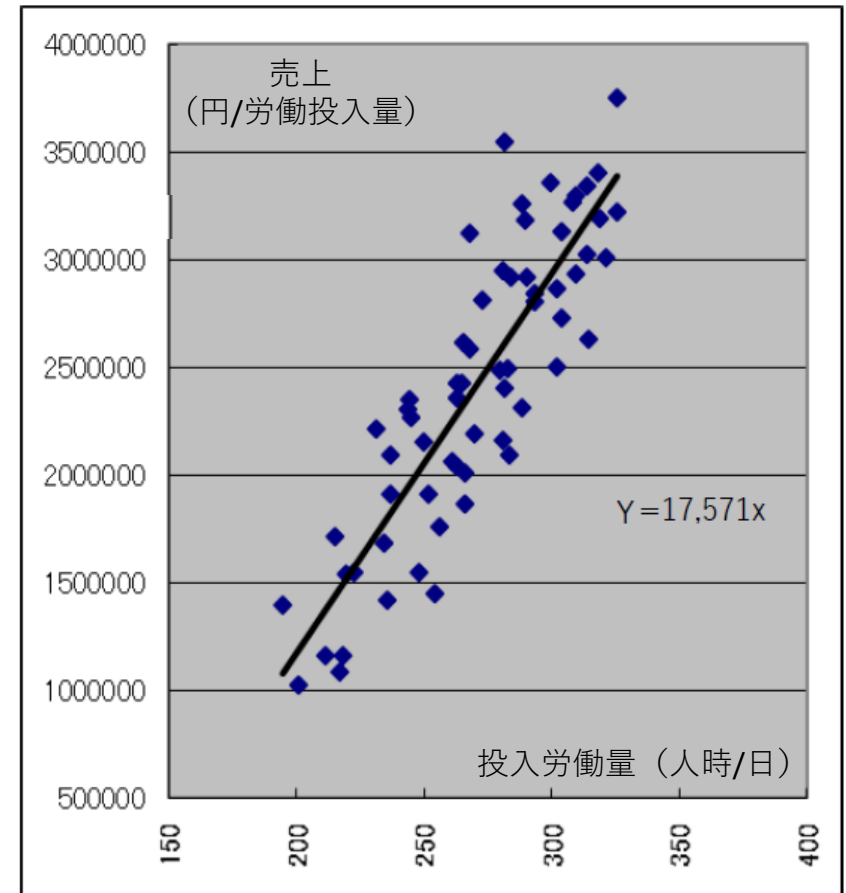


新村猛 (2021). 食サービス分野における人間機械協奏, JST OPERA第3回産総研協奏効果研究会

# 搬送ロボット導入の初年度の結果：投入労働量は削減



搬送ロボット導入前



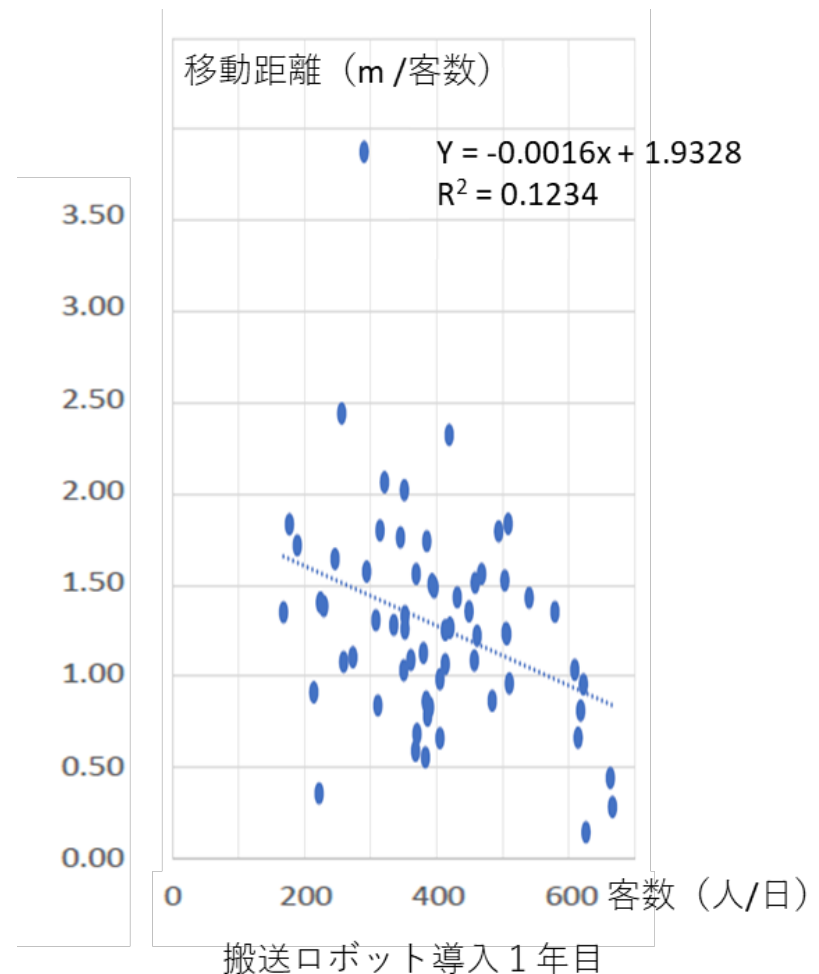
搬送ロボット導入後

- 労働投入量 (人時/日) : 292 ⇒ 270
- 売上 (円/労働投入量) : 8,000 ⇒ 8,900
- ロボットへの投資を2年半で回収



# 搬送ロボットの生産性は？

- システム導入対象店舗は20年以上運営しているため、ベテラン従業員が多い。特に、自分たちの店や接客スタイルに**自信とプライド**を持っているため、「自分たちの店は他と違う」と、**他からのサービス改善をあまり受容しない傾向**が。
- ロボット導入後、真っ先に反応したのは**年齢の高い従業員**。現実論として体力的に厳しく、より**働きやすい環境実現に向けて積極的**であった
- 加えて、システム開発時点から現場従業員を参画させていたため、徐々に「**外的変化**」ではなく「**自分たちのシステム**」という意識に変わっていったが・・・
- ロボットよりも人間の方が現場作業への適応度は高く、かつ、柔軟性も高いため、「**忙しくなるほど自分たちで作業したほうが早い**」という結果に



忙しくなる（客数が増える）とロボットの移動距離（m/客数）が短くなってしまっていた

# 改善1：ロボット躯体構造



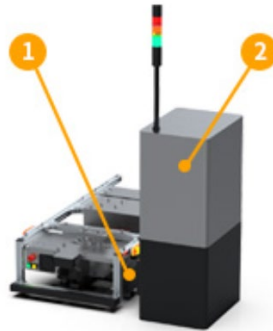
何かが乗っていると、使えない

棚一体式から着脱式にして回転率向上

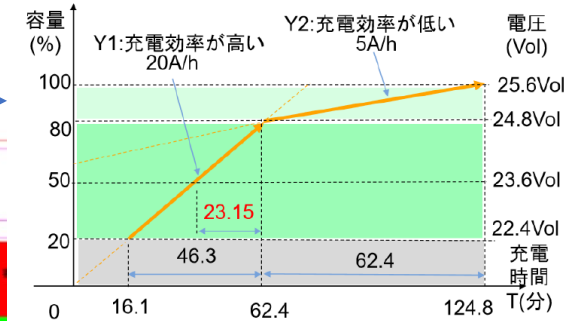
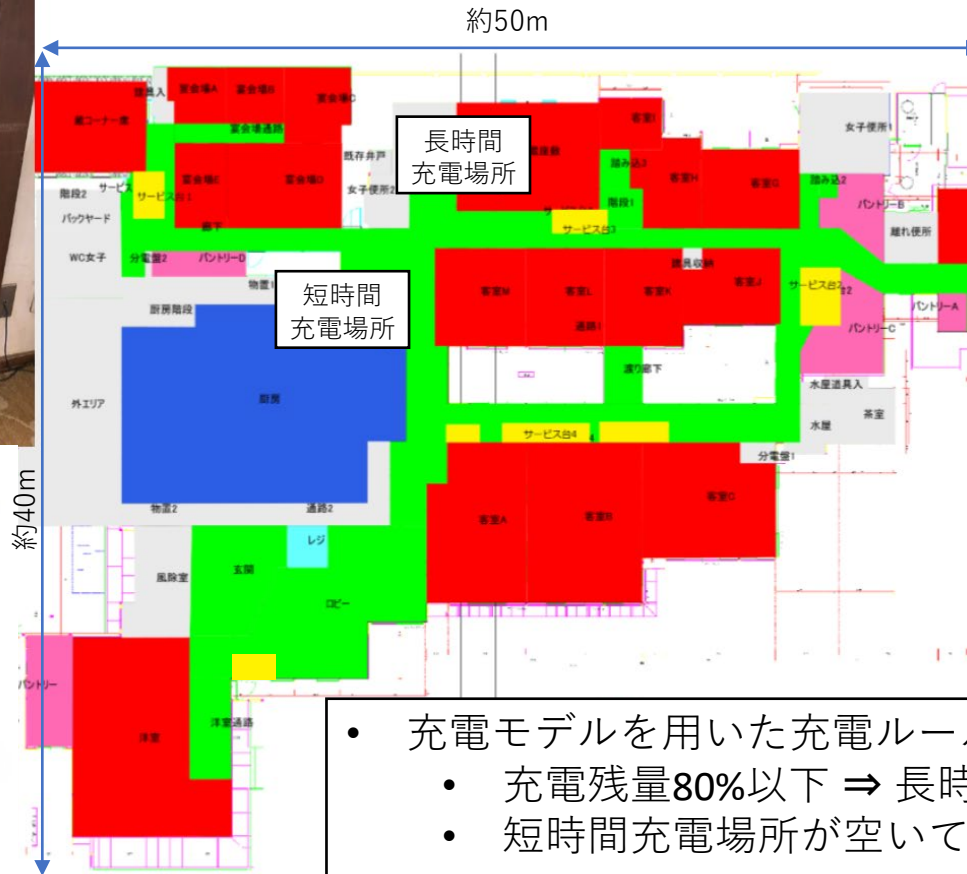
新村猛 (2021). 食サービス分野における人間機械協奏, JST OPERA第3回産総研協奏効果研究会

# 改善2：継ぎ足し充電パタンの最適化

自動充電電源



① 自動充電ユニット  
② 自動充電器



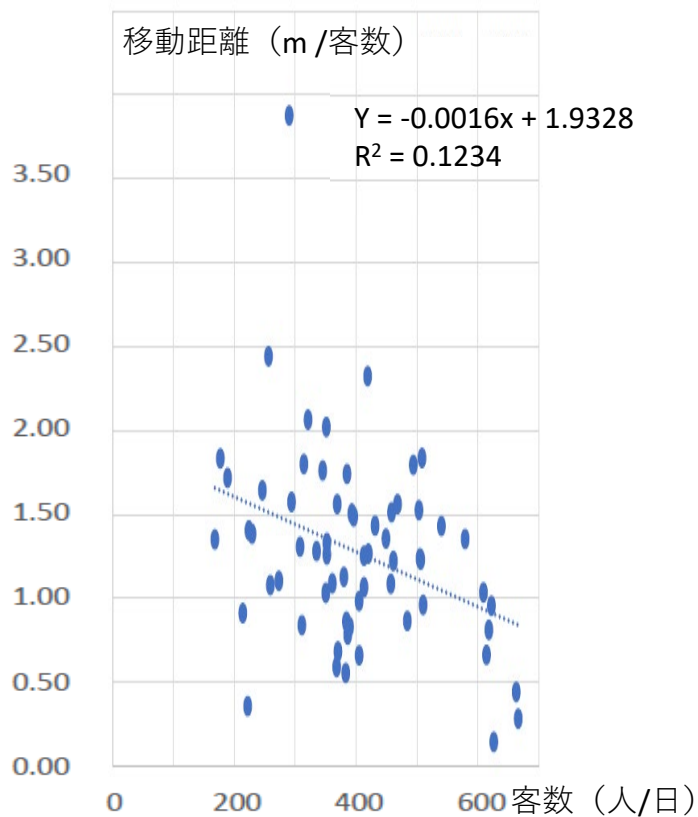
- 客室
- 通路
- 厨房
- パントリー
- サービス台
- レジ
- その他

- 充電モデルを用いた充電ルール設計
  - 充電残量80%以下 ⇒ 長時間充電場所で15分充電
  - 短時間充電場所が空いている ⇒ 2分充電
- MASによる顧客満足度を優先させた最適化

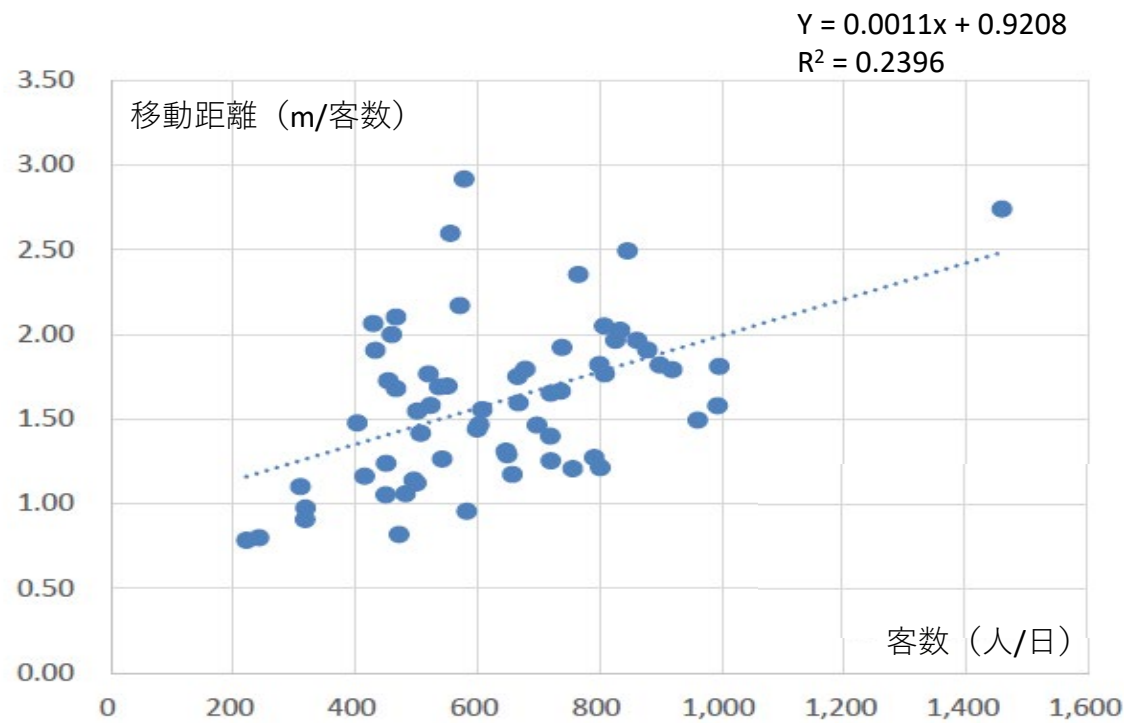
櫻井ら (2020). 人・ロボット協調サービスシステムに関する研究 飲食業におけるシミュレーションによるAGV運用評価, 人工知能学会第34回全国大会, セッションID 1F3-OS-2a-03

# 搬送ロボット自体の生産性

- 棚一体式から着脱式にして回転率向上
- 継ぎ足し充電パタンの最適化
- ロボットの使い方を議論



搬送ロボット導入1年目



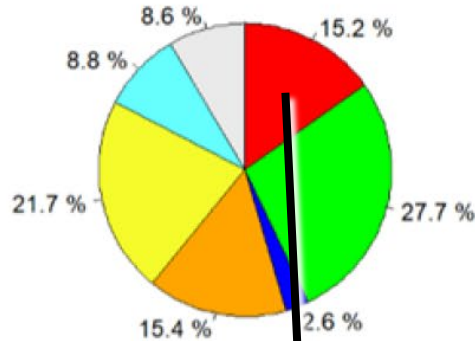
搬送ロボット導入2年目

- ロボットの移動距離 (m/客数) : 1.27 ⇒ 1.59
- ロボットの移動距離 (m/ロボット) : 511 ⇒ 1,012

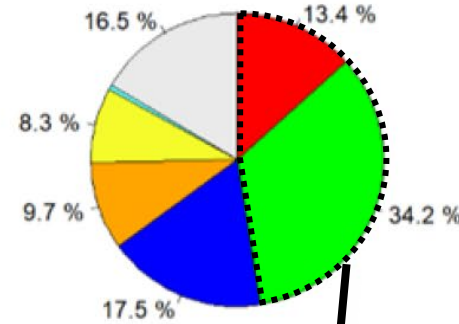
# 搬送ロボット導入によるスタッフのエリア滞在割合の変化

導入直後

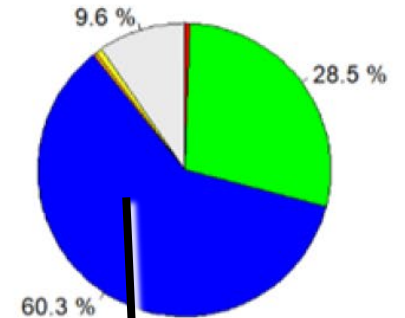
接客係



接客補助

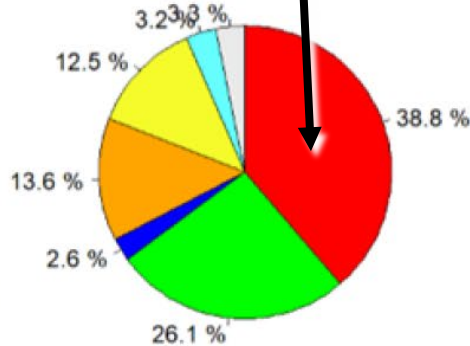


配膳係

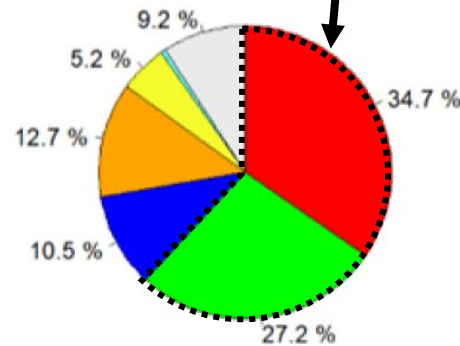


定着後

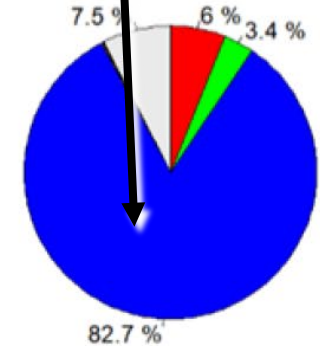
- 客室
- 通路
- 厨房
- パントリー
- サービス台
- レジ
- その他



客室滞在割合増加：  
接客業務に集中



客室滞在割合増加：  
接客業務に集中



厨房滞在割合増加：  
厨房での配膳業務に集中

# 方法：対象

工場A：12名（男:女 = 10:2, 20～30代4名, 40～60代8名）

工場B：23名（男:女 = 19:4, 20～30代15名, 40～60代8名）

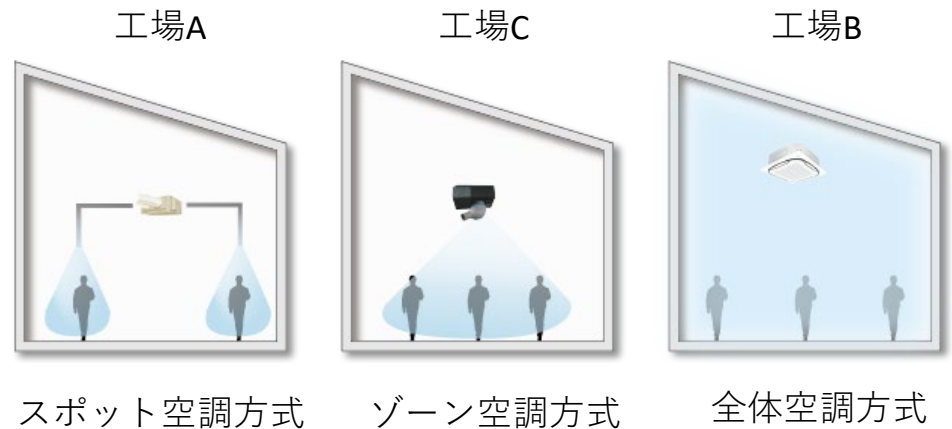
工場C：10名（男:女 = 8:2, 20～30代7名, 40～60代3名）

いずれの工場も日勤・夜勤の2シフト制

工場A： 昼勤 8:45～17:15  
夜勤 18:55～3:45

工場B： 昼勤 8:40～19:10  
夜勤 19:10～5:40

工場C： 昼勤 8:40～17:15  
夜勤 19:55～4:45



(<https://www.denso-solution.com/product/zoneaircon.html>)

# 方法：アンケート

○食事休憩時、終業時の**2回**アンケートを実施した

## 温熱感

ここ半日での作業エリアの温熱環境について当てはまる数字に○を付けてください。

非常に寒い	寒い	涼しい	やや涼しい	どちらでもない	やや暖かい	暖かい	暑い	非常に暑い
1	2	3	4	5	6	7	8	9

(日本建築学会環境基準, 2014)

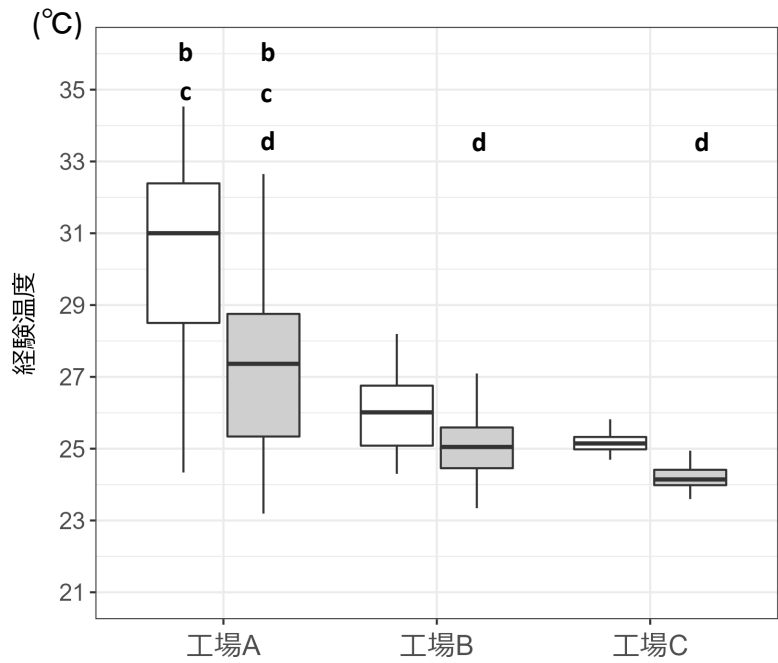
## だるさ

ここ半日、作業エリアにて感じただるさ（倦怠感・疲労感）について、最もよく表す数字に○をつけてください

なし		これ以上考えられないほどのだるさ								
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

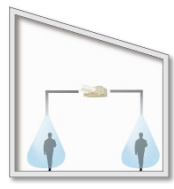
(Okuyama et al., 日本語版Brief Fatigue Inventory, 2003)

# 結果：経験温度



b: 工場Bの同一シフトに対して有意差あり  
 c: 工場Cの同一シフトに対して有意差あり  
 d: 同一工場の昼勤に対して有意差あり

勤務シフト  
 □ 日勤  
 ■ 夜勤



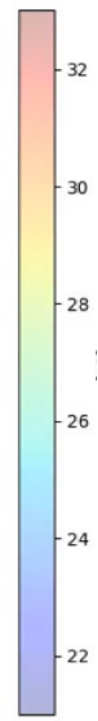
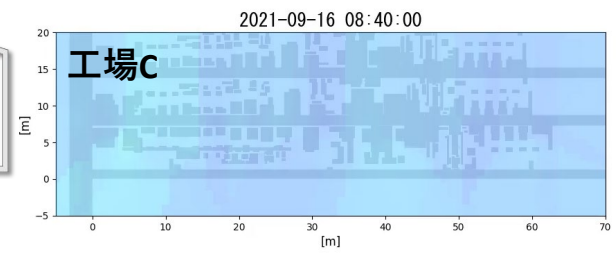
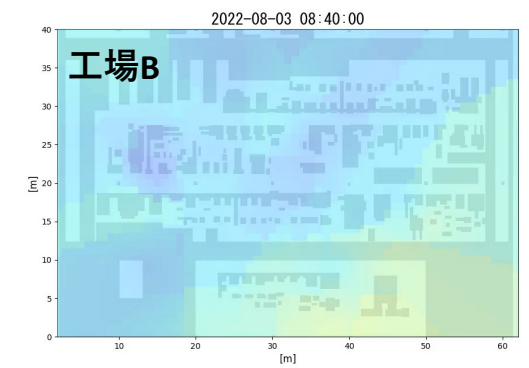
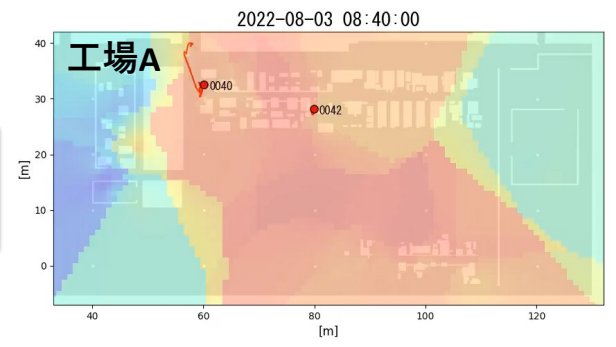
スポット空調方式



全体空調方式

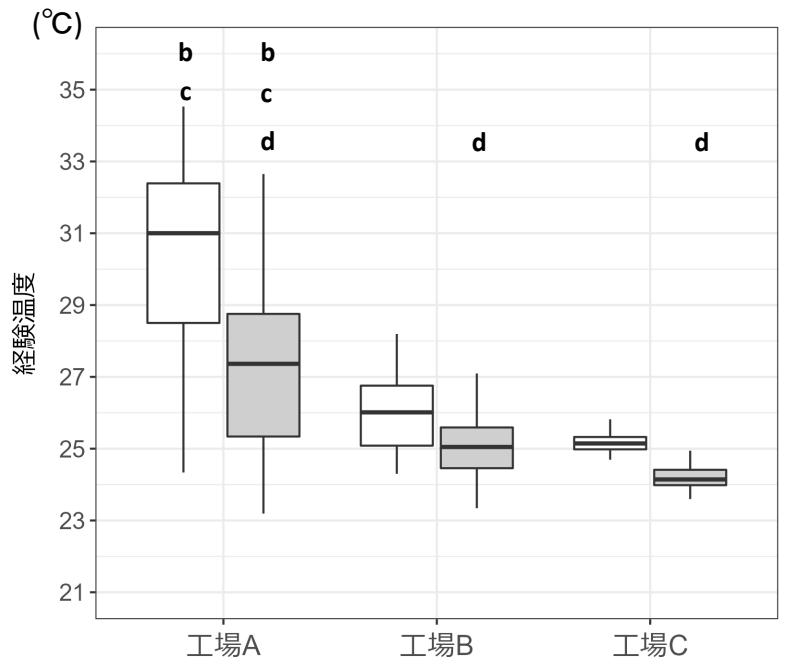


ゾーン空調方式

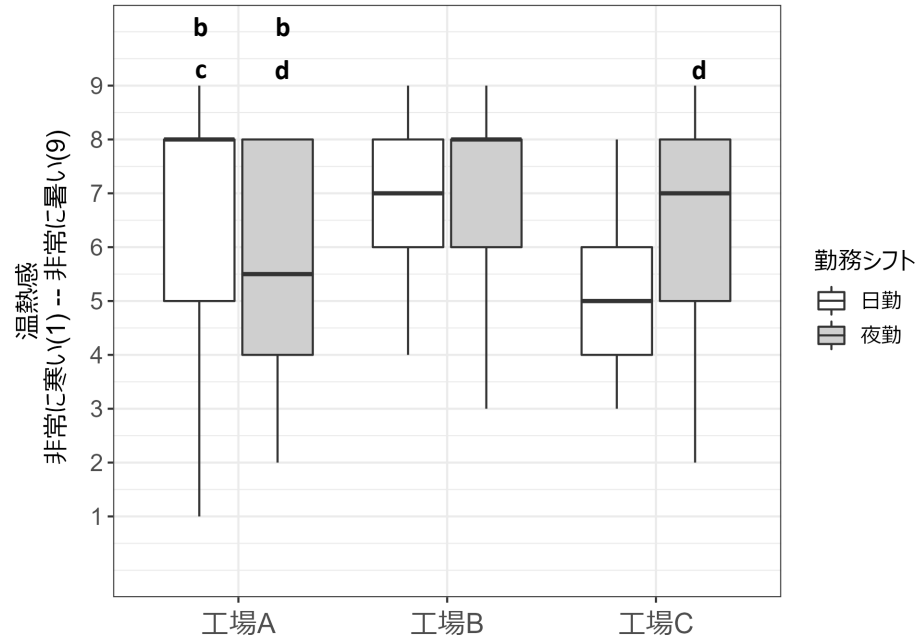




# 結果：経験温度



b: 工場Bの同一シフトに対して有意差あり  
 c: 工場Cの同一シフトに対して有意差あり  
 d: 同一工場の昼勤に対して有意差あり

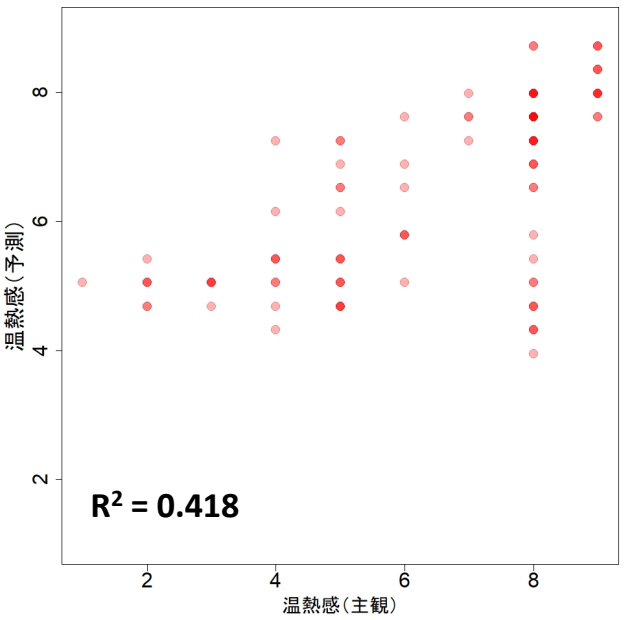


b: 工場Bの同一シフトに対して有意差あり  
 c: 工場Cの同一シフトに対して有意差あり  
 d: 同一工場の昼勤に対して有意差あり

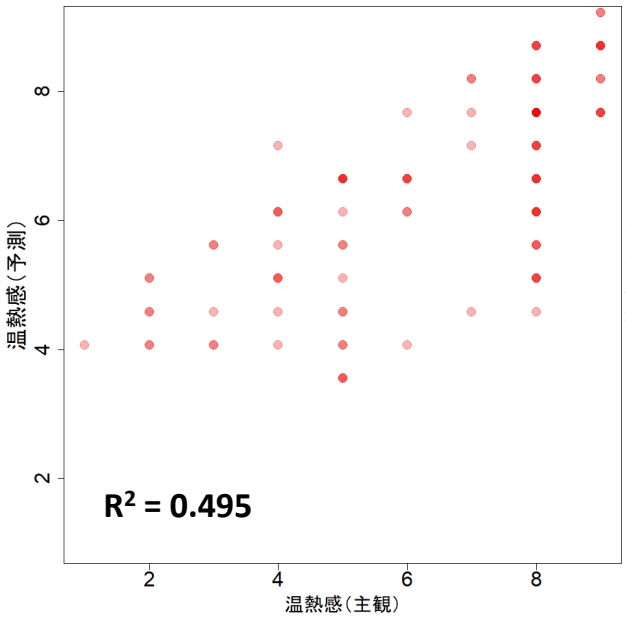
経験温度の高低と関連して温熱感にも違いが見られた

# 結果：温熱感予測精度（回帰モデル）

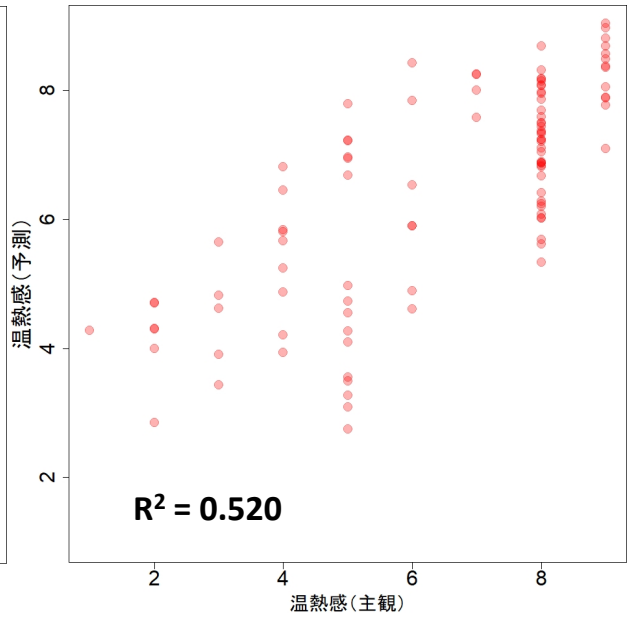
定点温度



経験温度



経験温度+身体活動



定点温度よりも経験温度、さらに身体活動を考慮することで温熱感の予測精度が向上