

日本建築学会近畿支部 空気環境部会・大阪建築技術協会・空気調和・衛生工学会 近畿支部
「建築空間における快適性と知的生産性 ～学びの空間における学習効率の向上を目指して」2019.11.8

小中学校の空間・環境計画が 児童生徒の健康と学習効率に与える影響

慶應義塾大学理工学部システムデザイン工学科 教授
慶應義塾大学先端研究センター 環境・エネルギーセンター長
伊香賀俊治

Ikaga Lab., Keio University **1**

目的：児童生徒の健康・学習効率を考慮した学校環境評価

input

- * 建築・設備性能
- * 環境測定データ
- * エネルギー消費データ
- * 運用・管理状況 etc...

CASBEE学校

環境品質

- Q1 室内環境 (改)
- Q2 サービス性能
- Q3 室外環境

環境負荷

- LR1 エネルギー
- LR2 資源・マテリアル
- LR3 敷地外環境

output

児童生徒への影響

- 満足度
- 健康
- 学習効率

総合環境性能

環境品質 O

環境負荷 L

各校における環境性能の評価結果にあわせ
教室における児童生徒の満足度、健康、学習効率への影響を明示

※ 文部科学省：学校施設における総合的な環境性能評価手法 - CASBEE学校評価マニュアル（2010） -, 2010.9

Ikaga Lab., Keio University **2**

研究フロー

教室環境

実態調査 → CASBEE評価

児童生徒の知覚・満足度に対応した評価手法を検討

児童生徒へのアンケート

複数の調査（主観・客観）に基づき関係性を評価

健康

学習効率

児童生徒への影響の定量化・評価ツールの改良

Step1

Step2

Ikaga Lab., Keio University (Yuki YANAI) **3**

調査対象校の概要

工コ改修実施校の改修前後調査とした愛媛県I市・Y市の公立小学校（12）

	A _前 小	A _後 小	A _改 小	B小	C小	D小	E _前 小	E _後 小	E _改 小	F小	G小	H小
躯体	木造	プレハブ	プレハブ		RC造		木造	プレハブ		RC造		
竣工年	1933	2010	2009	1978	1989	1984	1956	2009	2008	1971	1983	2004
立地条件	沿岸～山間の中間地域			中心地域	山間地域	沿岸地域	山間地域			中心地域	山間地域	中心地域
児童	13	13	13	361	15	35	16	17	17	74	50	64
教職員	4	7	8	13	4	10	4	5	10	14	8	7

A小 木造・築79年⇒徹底的な工コ改修

B小 RC造・無対策

H小 RC造・木質内装

柳井 悠希、伊香賀 俊治、川久保 俊：教室環境の質が児童の体調と集中力に与える影響に関する実態調査、日本建築学会環境系論文集、Vol.77 No.676, pp.533-539, 2012.6

Ikaga Lab., Keio University **4**

A校のエコ改修で導入された主な環境技術



環境省「学校エコ改修と環境教育推進事業」採択、愛媛県内最古の築77年の木造小学校の耐震・エコ改修（2010年2月末改修完了）
床面積2740㎡ 資料提供：A小学校エコ改修事務局+上野 貴建築研究所
Ikaga Lab., Keio University

環境測定とアンケート調査

教室環境

代表教室+外気環境の質を測定

測定項目	測定方法
空気温度	期間中連続記録
相対湿度	連続記録
グローブ温度	代表日に連続記録
平均気流速度	連続記録
机上上面照度	代表日に定時記録(午前・午後)
音 階級音レベル	代表日に定時記録(午前・午後)
空気質 CO ₂ 濃度	代表日に定時記録(午前・午後)

CASBEE学校による評価を実施※1

知覚・満足度

5,6年生児童 (N=688)
環境に対する知覚・満足度

質問項目	回答形式(段階尺度)
温熱 教室の暑さ/寒さ	暑い~寒い(5)
光 机の上の明るさ	明るい~暗い(5)
音 教室のうるささ	気になる~全く気にならない(4)
空気質 "ほりつぽさ"	広い~狭い(5)
空間 "広さ"	満足~不満(5)
総合	学習・生活のしやすさ(満足度)

児童が理解可能・回答可能な項目

健康・学習効率

教職員 (N=94)
担当児童の体調・集中力

質問項目	回答形式(段階尺度)
温熱 教室の暑さ/寒さ	暑い~寒い(5)
空間 "広さ"	広い~狭い(5)
総合 授業・生活のしやすさ(満足度)	満足~不満(5)
担当児童 体調不良の訴え	よくある~全くない(4)
担当児童 集中力の欠如	よくある~全くない(4)

多くの学校で実施可能な方法※3かつ教職員が客観的に評価可能な項目

夏季：2010.7~2010.9※2
冬季：2010.12~2011.2※2
夏季：2010.9月上旬~2010.9下旬
冬季：2011.2中旬~2011.3中旬

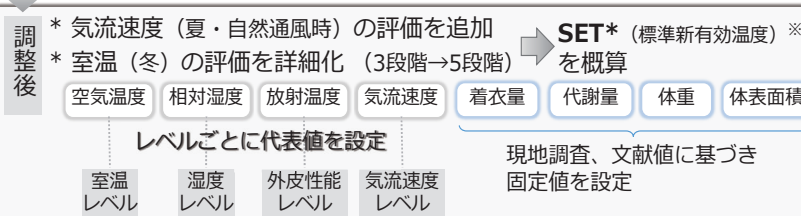
※1 測定結果+現地での目視・ヒアリング・各種設計図書の調査結果に基づき実施
※2 A_小、E_小は2007~2008年度、A_中は2009年度の調査結果を使用 E_中は非実施
※3 生理量の測定や学力テストの実施等、倫理的な問題を伴わない方法
柳井 悠希、伊香賀 俊治、川久保 俊：教室環境の質が児童の体調と集中力に与える影響に関する実態調査、日本建築学会環境系論文集、Vol.77 No.676、pp.533-539、2012.6

評価方法の調整 (温熱環境)

調整前

$$0.43 \times \text{室温レベル} + 0.28 \times \text{外皮性能レベル} + 0.29 \times \text{湿度レベル}$$

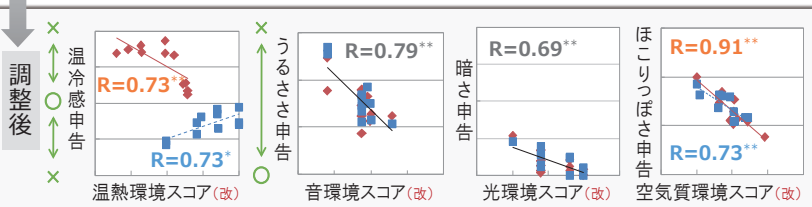
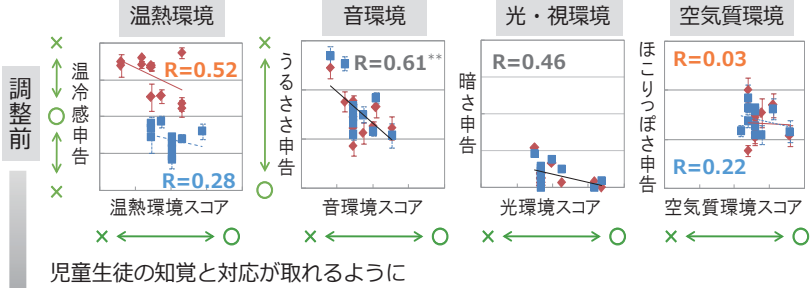
※ 夏季の自然通風時の気流が考慮不可
※ 冬季の室温10~18℃が同評価



校舎	室温	外皮性能	湿度	気流速度	SET* [°C]	スコア
A _後 小	レベル3	レベル4	レベル3	レベル5	27.4	3.6
B小	レベル1	レベル1	レベル3	レベル1	32.4	1.9
C小	レベル3	レベル3	レベル3	レベル3	29.0	2.9
...

※1 外壁・屋根への断熱、複層ガラス(二重サッシ)、日射遮蔽装置の有無により評価
※2 気温・湿度・気流・放射熱・着衣量を基に人体の熱収支を考慮した体感温度の代表指標。
柳井 悠希、伊香賀 俊治、川久保 俊：教室環境の質が児童の体調と集中力に与える影響に関する実態調査、日本建築学会環境系論文集、Vol.77 No.676、pp.533-539、2012.6を、その後、柳井悠希が修士研究として発展させた成果

環境要素毎の評価スコア⇔児童生徒の知覚



各校舎の平均値 (◆夏期 ■冬期) * p<0.05, ** p<0.01, 他はn.s.
柳井 悠希、伊香賀 俊治、川久保 俊：教室環境の質が児童の体調と集中力に与える影響に関する実態調査、日本建築学会環境系論文集、Vol.77 No.676、pp.533-539、2012.6を、その後、柳井悠希が修士研究として発展させた成果

室内環境スコアの算出方法の調整

調整前 (夏・冬で区別なし)

$$\text{室内環境} = 0.35 \times \text{温熱} + 0.15 \times \text{音} + 0.25 \times \text{光} + 0.25 \times \text{空気質}$$

調整後

CASBEE学校

アンケート結果

室内環境スコア

満足度 (学習・生活のしやすさ)

重回帰分析により
影響度を算出

温熱 音 光 ...

暑さ うるささ 明るさ ...

重み係数を調整

$$\text{室内環境 (夏季)} = 0.22 \times \text{温熱} + 0.09 \times \text{音} + 0.10 \times \text{光} + 0.17 \times \text{空気質} + 0.42 \times \text{空間}$$

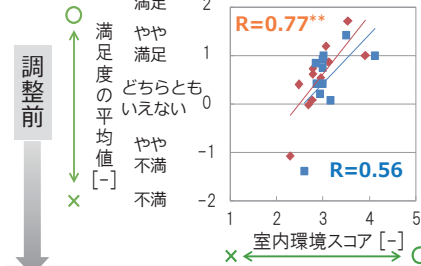
温熱、空気質の順に影響が大きい 空間の評価を追加*

$$\text{室内環境 (冬季)} = 0.13 \times \text{温熱} + 0.11 \times \text{音} + 0.15 \times \text{光} + 0.13 \times \text{空気質} + 0.48 \times \text{空間}$$

各環境の影響の大きさは概ね同様

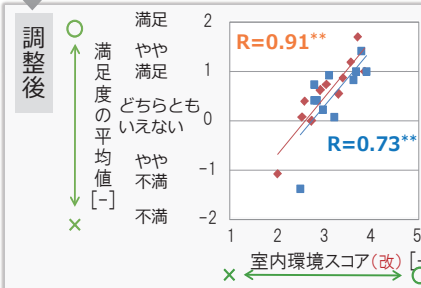
※ 普通教室の床面積、天井高、1クラスあたりの児童数から「児童一人あたりの容積(m³/人)」を指標として使用
柳井 悠希、伊香賀 俊治、川久保 俊：教室環境の質が児童の体調と集中力に与える影響に関する実態調査、日本建築学会環境系論文集、Vol.77 No.676、pp.533-539、2012.6 を、その後、柳井悠希が修士研究として発展させた成果

室内環境スコア ⇔ 児童生徒の満足度



各校舎の平均値 (◆夏季 ■冬季)
* p<0.05, ** p<0.01, 他はn.s.

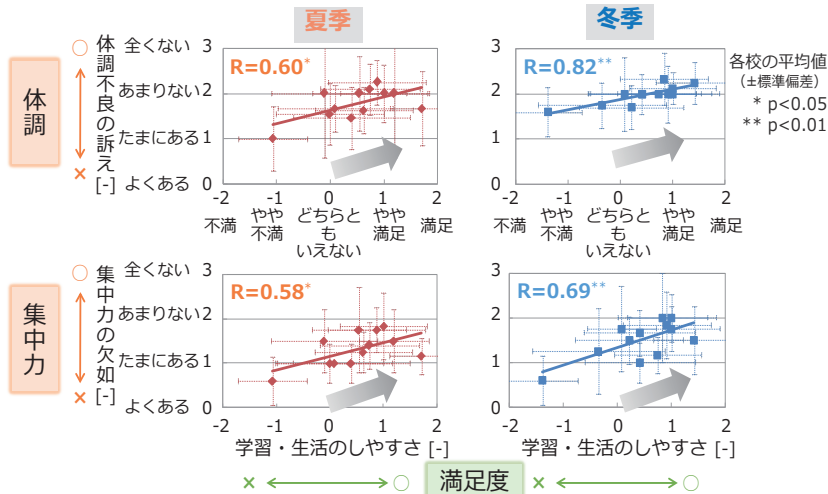
夏季は概ね対応している
が冬期の対応が不十分



児童の満足度に対応した
教室環境の評価を実現

柳井 悠希、伊香賀 俊治、川久保 俊：教室環境の質が児童の体調と集中力に与える影響に関する実態調査、日本建築学会環境系論文集、Vol.77 No.676、pp.533-539、2012.6 を、その後、柳井悠希が修士研究として発展させた成果
Ikaga Lab., Keio University

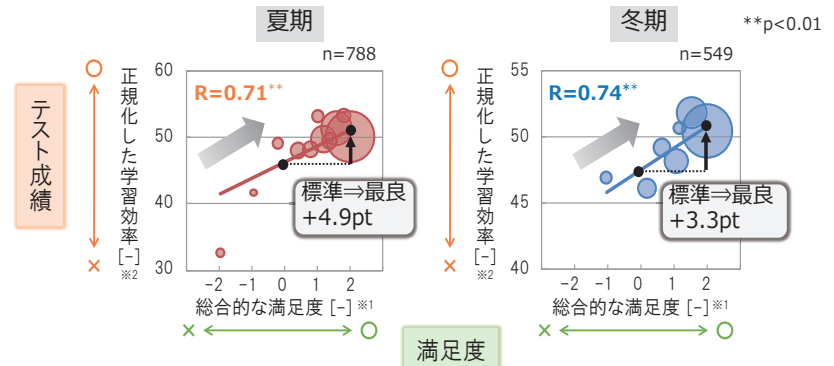
児童生徒の満足度 ⇔ 体調・集中力



児童生徒の満足度が高い教室環境 ⇒ 体調、集中力に好影響となる関係を明示

柳井 悠希、伊香賀 俊治、川久保 俊：教室環境の質が児童の体調と集中力に与える影響に関する実態調査、日本建築学会環境系論文集、Vol.77 No.676、pp.533-539、2012.6 を、その後、柳井悠希が修士研究として発展させた成果

児童生徒の満足度 ⇔ 学習効率の関係



児童生徒の満足度が高い教室環境 ⇒ 学習効率に好影響となる関係を明示

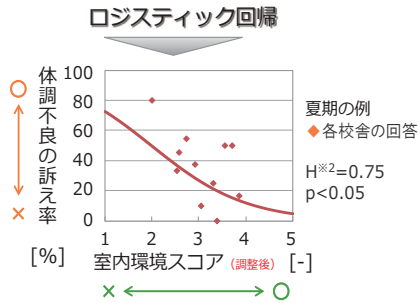
(健康については、欠席者率の調査により同様の傾向を確認)

※1 全生徒・全日程の有効なアンケート回答について算出し、グループ化 ※2 満足度別の平均値を用い、偏差値を算出

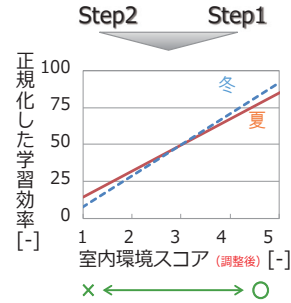
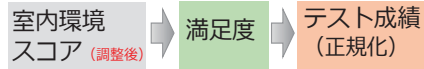
須藤美音、伊藤一秀ほか：中学生を対象とした教室環境が学習効率に及ぼす影響に関する研究、日本建築学会環境系論文集、Vol.76, No.660、2011.2、pp.201-209

室内環境スコアと健康・学習効率との関係

◆ 健康



◆ 学習効率



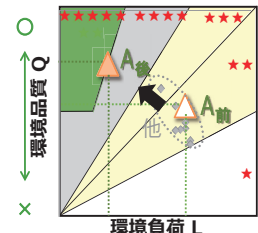
※1 「よくある」「たまにある」→あり(1)、「あまりない」「全くない」→なし(0)
 ※2 Hosmer-Lemeshowの適合度検定による有意確率 H>0.05: モデルがデータに適合

柳井 悠希、伊香賀 俊治、川久保 俊: 教室環境の質が児童の体調と集中力に与える影響に関する実態調査、日本建築学会環境系論文集、Vol.77 No.676, pp.533-539, 2012.6を、その後、柳井悠希が修士研究として発展させた成果

エコ改修による児童の健康・学習効率改善

◆ 総合環境性能

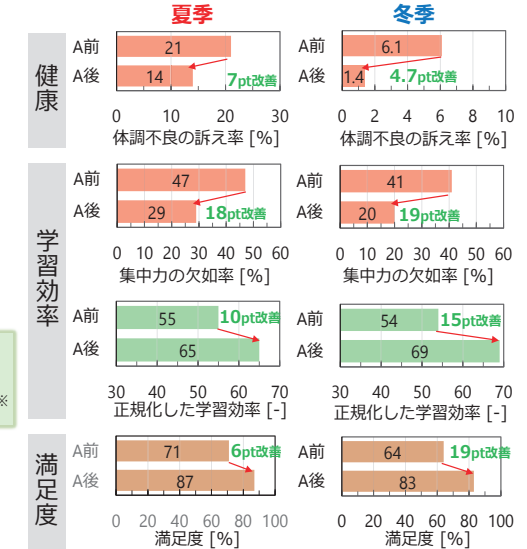
調査対象校 (全12校舎) の評価を抜粋



A前: ★★ BEE=0.8※
 A後: ★★★★★ BEE=3.0※

※ Built Environment Efficiency (環境性能効率) = Q (建物の環境品質) / L (建物の環境負荷)

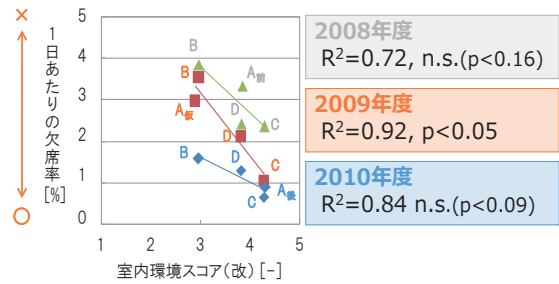
◆ 児童生徒への影響評価



エコ改修後に欠席率が低下

- * 対象: Step1の調査対象校の一部 (I市の4校: A小~D小)
- * 内容: 過去3年分 (2008~2010年度) の1日あたりの欠席者数データ
- * 目的: 児童の健康への影響に関して客観的なデータを用いた検証

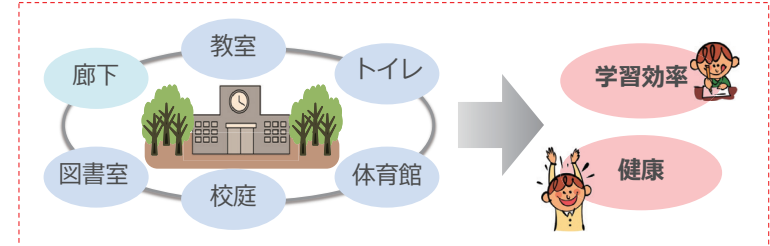
◆ 冬期※ (年によってインフルエンザ等の影響の大きさが異なる→年ごとに比較)



室内環境スコアが高いほど欠席者率が低い傾向

※ 12月~3月とする (ただし、2009年度は2月半ばでA_前小→A_後小に切り替わるため、12月~1月とした)
 また、夏期は欠席者率が全体的に低く、比較困難

学習効率・健康を考慮した学校施設評価



【本研究の目的】

- ① 学校施設が児童生徒の学習効率・健康に与える影響の明確化
 - ② 児童生徒の学習・健康を考慮した学校施設の評価ツールの提案
- ➡ 学校施設の効率的かつ効果的な改善の一助に

川崎市立の小学校11校、中学校5校 計16校

小学5年生 1,315s、中学2年生 969s 計2,284s

小学校教職員 107s、中学校教職員 93s 計 200s

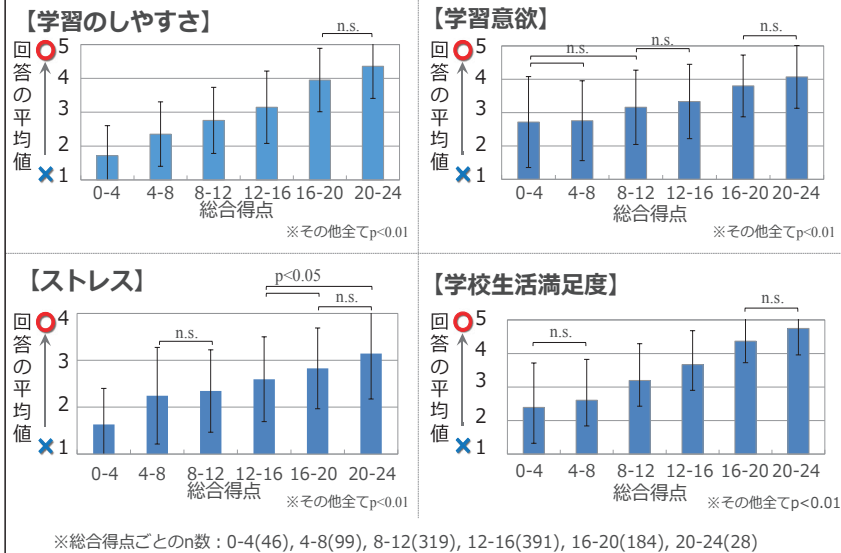
夏季: 2013年9月 冬季: 2014年2月

アンケート調査項目 知覚・満足度

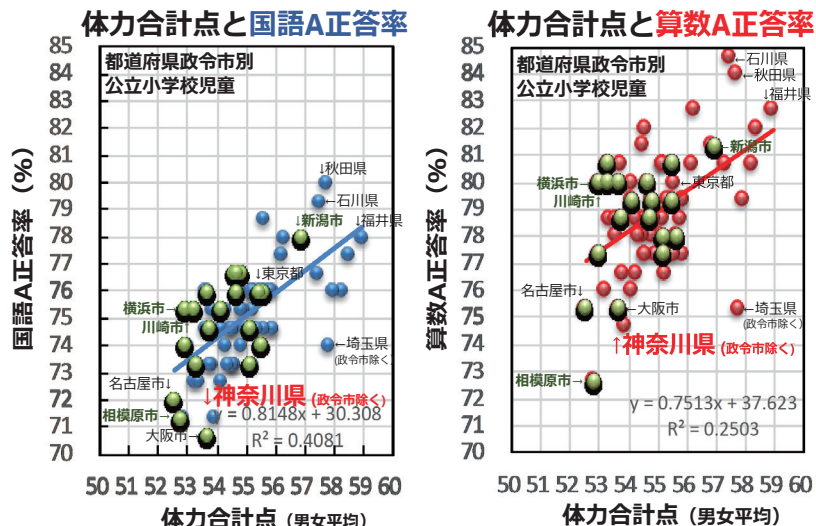
調査項目	回答形式 (段階尺度)	対象空間						
		教室	体育館	トイレ	廊下	図書室	校庭	全体
温熱	暑さ/寒さ	暑い~寒い (5)	○	○				
	じめじめ感	じめじめする~からからする (5)	○	○				
	日差し	強い~弱い (5)	○					
	風通し	多い~少ない (5)	○	○				
光	明るさ	明るい~暗い (5)	○	○				
音	うるささ	気になる~気にならない (5)	○					
	空気質	ほこりっぽさ	気になる~気にならない (5)	○	○			
空間	におい	気になる~気にならない (5)			○			
	内装	好ましい~好ましくない (5)	○					
衛生	広さ	広い~狭い (5)	○	○				
	きれいさ	きれい~汚い (5)			○			
総合	満足度	満足~不満 (5)	○	○	○	○	○	

CASBEE学校の評価項目を参考に作成、児童生徒の回答負担の制約から、満足度以外は、教室・体育館・トイレを詳細に質問

学校施設評価スコアと健康・学習効率



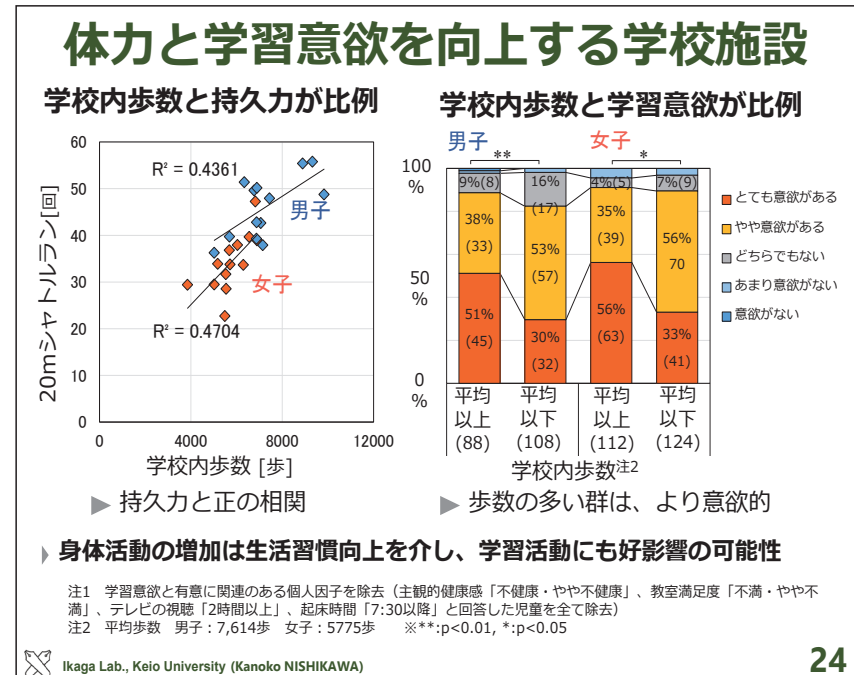
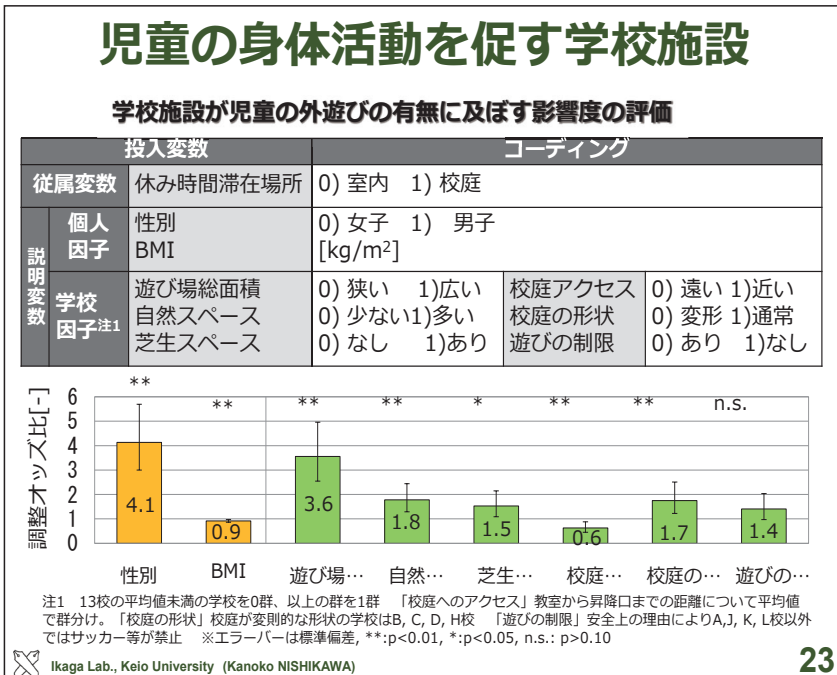
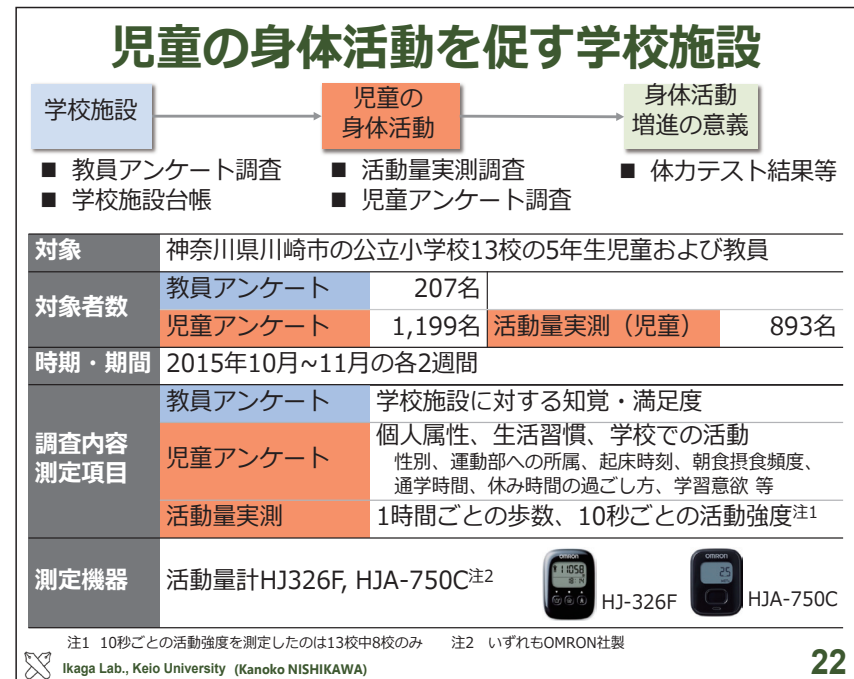
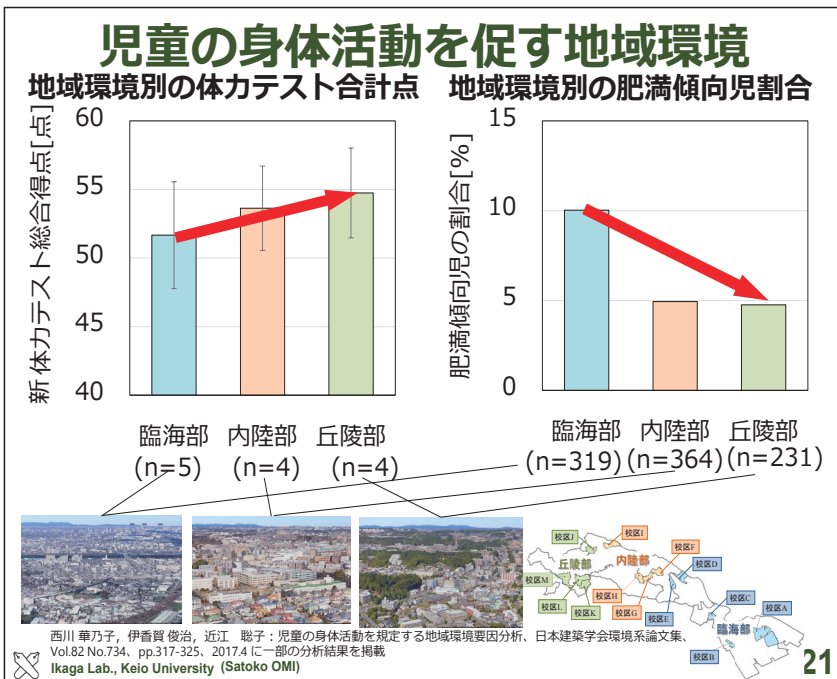
小学生の体力と学力の相関



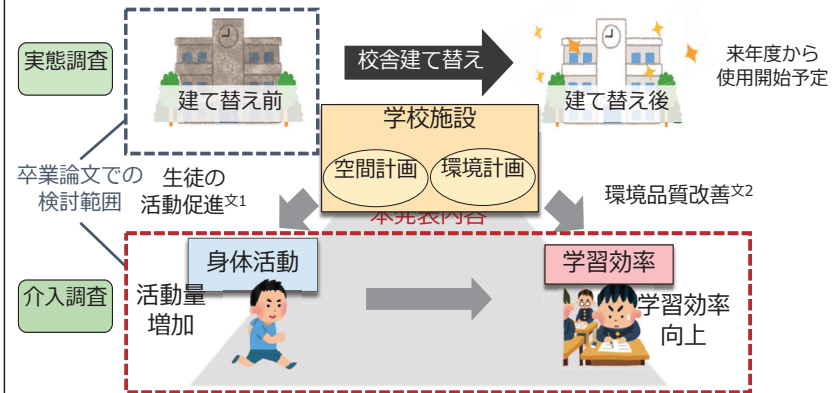
出典 スポーツ庁:平成29年度全国体力・運動能力、運動習慣等調査結果、2018年2月13日
国立教育政策研究所:平成30年度全国学力・学習状況調査結果、2017年8月28日より作成

児童の身体活動を促す地域環境





学校施設における身体活動の促進が学習効率に及ぼす影響

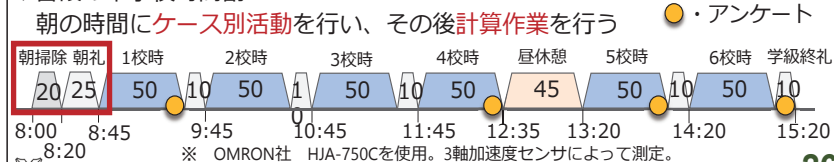


文1: 西川華乃子, 小学校の施設計画と児童の身体活動に関する多変量解析, 慶應義塾大学2016年度修士論文
 文2: 亀田健一, 村上周三ら, 室内環境質が学習意欲ならびに学習効率に与える影響—学習環境におけるプロダクティビティ向上に関する研究(その3)—, 日本建築学会環境系論文集, 2009

調査概要

調査対象校	Y女子中学校 (広島)		
調査日程	実態調査	2017年10月25~27, 30, 31日 (5日間)	
	介入調査	2017年11月1, 4, 6, 7日 (4日間)	
対象者	中学2・3年生各2クラス女子生徒 (151名)		
測定項目	活動量	活動量計※	登校後~学級終礼
	環境	温湿度計, 全天日射計等	終日
	当日の健康状態・行動	アンケート	1,4,5校時終わり, 終礼時
	学習効率	計算作業 (介入調査のみ)	ケース別活動後

◆ 普段の中学校時間割



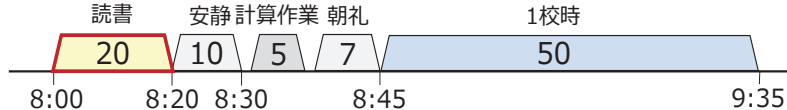
介入調査のケース設定とスケジュール

◆ ケース設定

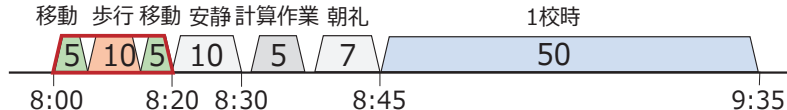


Case.1 読書 1~1.5METs
 Case.2 歩行 4~6METs※

◆ Case.1 スケジュール



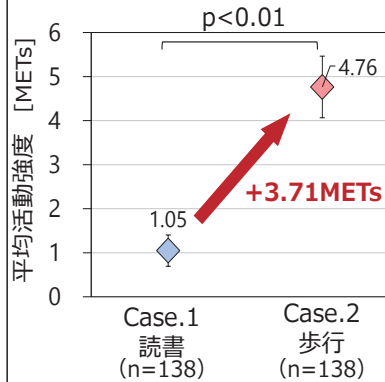
◆ Case.2 スケジュール



※ 中強度 (3~6METs) の身体活動が学習効率向上を促すとされている
 文: Janssen M, Chinapaw MJ, et al. A short physical activity break from cognitive tasks increases selective attention in primary school children aged 10-11, Mental Health Phys Act 7, 2014

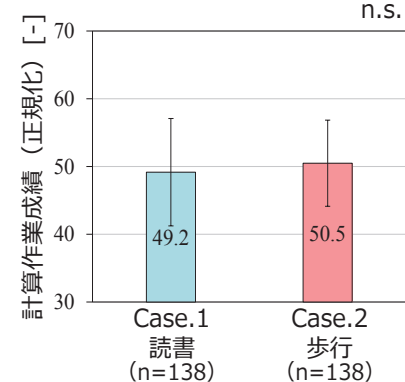
ケース別平均活動強度と計算作業成績

◆ ケース別行動中の平均活動強度※1



歩行中、想定通りの活動強度を実現できていたことを確認

◆ 計算作業成績(個人ごとに正規化)※1,2



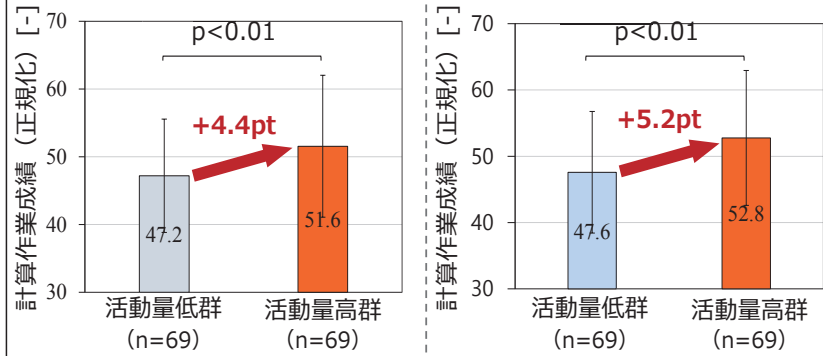
活動介入による有意な影響は確認されなかった

※1 対応のあるt検定を実施。エラーバーは標準偏差を表す。

※2 正規化: 作業成績(正規化) = 50 + 10 × ((作業成績) - (個人の平均作業成績)) / 標準偏差

活動習慣が学習効率に及ぼす影響

◆ Case.1 (読書) の2群比較※1,2 ◆ Case.2 (歩行) の2群比較※1,2

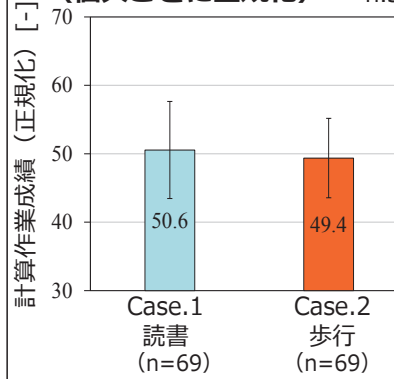


両ケース共に活動量高群が有意に高かった
 > 日常的に活発な生徒は、活動介入の有無に関わらず
 学習効率を高く保つことができていた可能性

※1 正規化: 作業成績(正規化)=50+10×((作業成績)-(当日の学年ごとの平均作業成績))/標準偏差
 ※2 Studentのt検定

身体活動が学習効率に及ぼす影響

◆ 活動量低群のケース間比較 (個人ごとに正規化) ※1,2,3,4



活動量高群のみCase.1よりCase.2が有意に高い

> 日常的に活発な生徒は
 身体活動の促進によってさらに学習効率が向上した可能性

※1 正規化: 作業成績(正規化)=50+10×((作業成績)-(個人の平均作業成績))/標準偏差 ※2 対応のあるt検定

活動習慣による違い

◆ 活動量高群のケース間比較 (個人ごとに正規化) ※1,2

