

一般セッション4 13:00～13:44 (発表 10分 質疑 4分)

座長：中島弘貴 (長崎大学大学院医歯薬学総合研究科)

S4-1 13:00 ～ 13:14 体重によりクッションが変わるソファの開発

－第六報 座り心地は体重に左右される－

- 兵頭 敬一郎 (大分県産業科学技術センター)
- 佐藤 幸志郎 (大分県産業科学技術センター)
- 疋田 武士 (大分県産業科学技術センター)
- 佐藤 寿喜 (大分県産業科学技術センター)
- 野呂 影勇 (早稲田大学・エルゴシーティング株式会社)
- 戸上 英憲 (産業医科大学医科物理学)

S4-2 13:15 ～ 13:29 ローコストデータ収集装置の実験展開

－薄膜圧力センサーを中心に－

- 戸上 英憲 (産業医科大学医科物理学)
- 佐藤 幸志郎 (大分県産業科学技術センター)
- 兵頭 敬一郎 (大分県産業科学技術センター)
- 能登 裕子 (九州大学大学院医学研究院)
- 野呂 影勇 (早稲田大学・エルゴシーティング株式会社)

S4-3 13:30 ～ 13:44 座り心地の神経学的モデル

－椅子と座る人とのコミュニケーションから得る自分の心地よさ－

- 野呂 影勇 早稲田大学・エルゴシーティング株式会社
- 兵頭 敬一郎 (大分県産業科学技術センター)
- 佐藤 幸志郎 (大分県産業科学技術センター)
- 疋田 武士 (大分県産業科学技術センター)
- 戸上 英憲 (産業医科大学医科物理学)

体重によりクッションが変わるソファの開発

—第六報 座り心地は体重に左右される—

○兵頭敬一郎*, 佐藤幸志郎*, 疋田武士*, 佐藤寿喜*, 野呂影勇**, 戸上英憲***

*大分県産業科学技術センター, **早稲田大学・エルゴシーティング株式会社,

***産業医科大学医科物理学

A sofa whose cushion changes depending on sitter's weight

-Part six : Personal comfort depends on body weight-

Keiichiro HYODO*, Koshiro,SATO*, Takeshi HIKIDA*, Hisaki SATO*, Kageyu NORO**,
Hidenori TOGAMI***

* Oita Industrial Research Institute, ** Waseda University, ErgoSeating Co.,Ltd. ,

***Physics, University of Occupational and Environmental Health, Japan

1. 目的

1.1 社会的ニーズ

大分県日田市周辺地域では、ソファが木製家具産業の主力製品である。人間工学により技術支援を行っている。

在宅勤務が一定の割合で定着したことで、ソファの用途がリラックスからワークまで拡大し、1人掛けのパーソナルソファが注目されている。

1.2 理論的追及

ソファの座り心地などの着座時の感触は、他の座具（椅子や乗り物のシート）とは異なる。

第三報¹⁾で、包み込まれる感じなど11項目でそれが評価できた。それら評価項目の大半は座面等のクッションの特性に関する。

ソファのクッションの特性として、他の座具と明確な違いがあるものに「厚さ」がある。椅子や乗り物のシートに比べて厚い。この厚さにより、身体を支える。臀部や大腿は、複雑な触知覚を有する。

本研究では、着座時の感触を表面触、クッション中間の透触（transparent touch）そして底部の底つき感に作業仮説（working hypothesis）として分類している。

人がソファに座るときの過渡現象（transient phenomena）図1は、体重により着座時の沈み込みが発生する。

本報告では、骨盤の傾きを防ぐ仙骨サポート他、複数の知見の総合により実現される高機能座面 high functioning seat pan concept (HFSP)²⁾ のコンセプトに従ったソファを設計し評価した。

また、ソファのクッション部分の触知覚は、表面面、透触面、底つき面の三つに分類されると仮定した。（図2）

このうち透触面³⁾⁴⁾は、着座時のtransientな過程での知覚現象を指すとされ、複数の材料を複合的に積み重ねて作られているソファのクッション部の座り心地は、透触面からの触知覚が大きな影響を与えている可能性がある。

本報では、ソファの透触面³⁾⁴⁾から受ける触知覚は、座っている人間の体格差（体重差+下腿長）

により異なると仮定し、仮説1・2について確認することを目的に、用途に応じて健康で快適に使用できるよう体格差に対応したソファの設計と椅子と人が対話するシステムを開発し評価した。

- ・仮説1 沈み込み変位量は体重に相関し、座り心地に影響する。
- ・仮説2 適度な沈み込みが、よりよい座り心地を生ずる。

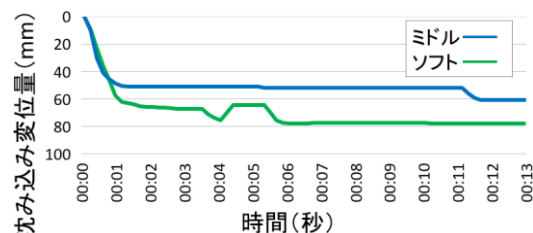


図1 沈み込み変位量と時間の関係



図2 ソファの特別な知覚現象を印象付ける
ソファの特殊な着座動作 Posture Surfing

2. ソファモデルと実験方法

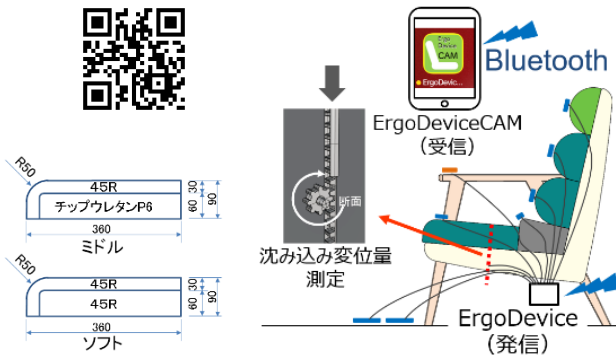
実験用ソファは、利用者が体格に合わせて仕様の異なるクッションの好みの組み合わせを選択できる、フレームとクッションの分離仕様とした。

クッションは、2種（ソフト・ミドル）の硬さの座面用スラブクッション、硬さと高さの異なる背面用かまぼこ状クッション3種、座面後方に仙骨サポートクッション1種を配置した。

クッション表面と床面には圧力センサーを取り付け、発信装置（ErgoDevice）と専用ソフト（ErgoDeviceCAM）でデータを取得した。（図3）

被験者は（株）アサヒ大川ショールームの一般来店者や関係者、女性3名、男性10名とした。

クッションの沈み込み変位量は、座骨結節部が乗る部分の中心から右に5cm離れた位置に、ラックギアを貫通させピニオンギアを取り付けたポテ



・座面クッション ・実験用ソファの構成
 図3 実験用ソファでの沈み込み変位量の計測

ンシヨメーターの回転量を計測した。

主観評価は、評価用ソファに着座してもらい、最も座り心地のよい組み合わせを選択し、図5に示す7項目について5段階で評価した。

また、仙骨サポートクッションの効果を確認するため着座時の骨盤や腰椎をX線で確認した。

3. 結果

第三報¹⁾では、ロール状クッションの沈み込み変位量が体重を概ね反映することを報告した。

本報では、被験者13名がスラブクッションに座った際の沈み込み変位量と体重の関係についての結果を図4に示す。ミドルについては相関係数 $r=0.713349$ であり、t検定では有意であった ($p < 0.05$)。よって座面クッションミドルの沈み込み変位量は体重に相関している。

沈み込み変位量は座り心地にも影響すると考えられるため、被験者にその場で主観評価(SAS)を取ったところ図5のような結果であった。

座り心地がよいと回答した沈み込み変位量の範囲は、61~97mmであった。以上により沈み込み変位量は座り心地に影響し、適度な沈み込みがよりよい座り心地を生ずると考えられる。

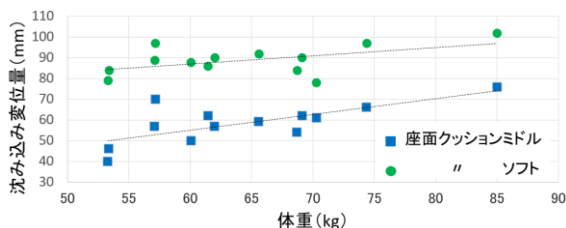


図4 椅座時の沈み込み変位量と体重の関係

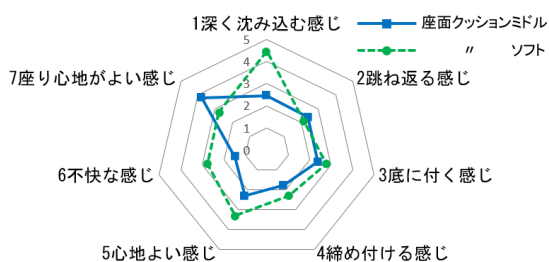
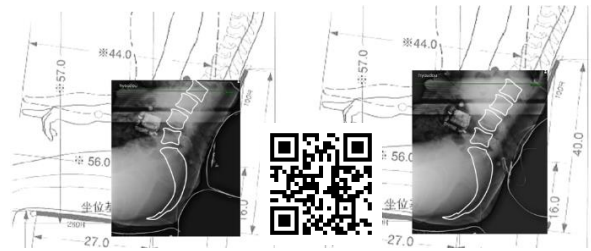


図5 椅座時の主観評価



・仙骨サポートあり ・仙骨サポートなし
 図6 X線で骨盤や腰椎の状態を確認⁵⁾

X線撮影の結果、整形外科医より「仙骨サポートクッションが腰椎の前弯に影響を与えている可能性がある」との見解であった。(図6)

4. 考察

実験用ソファの沈み込み変位量の測定では、第三報で報告した指し棒を見直し、ラック&ピニオンの原理で測定する方法に変更し精度が向上した。

本実験において、スラブクッションの沈み込み変位量は被験者の体重を概ね反映し、座り心地に影響することが示唆された。

なお、本実験後、総重量を測定する Gross Weight 測定装置を開発し体重を測定している。

今後、主観評価で座り心地が良いと感じた沈み込み変位量等を参考に、体重により最適なクッションが選べるソファの開発を進める。

5. 謝辞

本研究に多大なる支援を頂いた、エルゴシーティング株式会社 渡邊候子様、早稲田大学理工学部理工学術院総合事務・技術センター 中川翔様、(株)アサヒ、医療法人とよた整形外科クリニック(山口県) 豊田 耕一郎様他スタッフのみなさまに心より御礼申し上げます。

6. 文献

- 1) 兵頭敬一郎他：体重差対応型ソファの設計—第三報 透触面の考えに基づく快適性の追求—, 日本人間工学会九州・沖縄支部会 第42回大会講演集 (2021)
- 2) Kageyu Noro¹, Rani Lueder², Shunji Yamada³, Goroh Fujimaki⁴, Hideki Oyama¹, Yuki Hashidate¹, Revisiting Sitting Cross-Cultural Aspects of Seating, Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, vol. 50, 7: pp. 814-819., First Published Oct 1, 2006.
- 3) D.Katz: Aufbau der Tastwelt, Z. Psychol. Erg., 11, (1925).
- 4) 吉田正昭：触覚及び自己受容知覚, 和田陽平(編)『感覚知覚ハンドブック』, 誠信書房(1969)777.
- 5) 小原二郎他：椅子②井上昇編, 山海堂(2006)33. [連絡先]兵頭敬一郎 e-mail: hyoudo@oita-ri.jp

ローコストデータ収集装置の実験展開

—薄膜圧力センサーを中心に—

○戸上 英憲*, 佐藤 幸志郎**, 兵頭 敬一郎**, 能登 裕子***, 野呂 影勇****

*産業医科大学医学部医科物理学, **大分県産業科学技術センター, ***九州大学大学院医学研究院,
****早稲田大学・エルゴシーティング株式会社

Development of experiments using low-cost data collection devices: Focusing on thin-film pressure sensors

*Hidenori TOGAMI, **Koshiro SATO, **Keiichiro HYOUDO, ***Hiroko NOTO, ****Kageyu NORO

*Physics, University of Occupational and Environmental Health, Japan, **Oita Industrial Research Institute,

***Department of Health Sciences, Faculty of Medical Science, Kyushu University,

****Waseda University, Ergoseating Co., Ltd.

1. はじめに

生体計測や姿勢動作計測などの測定装置は、あまた販売されており、資金が許せば容易に入手することができ、目的のデータ収集・解析を行うことができる。問題は、その資金がままならないとき、どうするかという点については、課題遂行のための環境整備が求められる。

そこで、筆者らはできるだけローコストで可能な限りのデータを入手し解析する装置を開発中であり、模索中でもある^{1,2,3}。その内容と可能性について問題点と併せて報告する。

2. 方法

たとえば、椅子の座り心地を検証する際、座位時の確認したい圧力分布の場所があり、確認したい座面等の変化を知りたいときどうするか。体圧測定センサーや傾斜角度計を導入することで、なんらかの妥当性のある解を求めようとする。

そこからの動機を基に、圧センサーや傾斜角度計を組み込んだデバイスを作製し、動画との同期を計ることで、かなり精緻なデータの獲得を目指した。もちろんローコストが前提となる。

2.1 薄膜圧力センサー

サイトで調べると、これについても多社の製品が対象となるが、その中でセンサーに帰属するデータを公開しているInterlink Electronics社のFSRシリーズに着目、価格との兼ね合いも含め、ローコストデータ収集装置（この名称は登録商標ではない）に組み込むこととした。

2.1.1 FSRシリーズ

FSRシリーズは感圧レベルに応じて、FSR400からFSR408が揃っている。ポイントはその感圧範囲で、その範囲においての使用を確認して、実験に適用することが望ましく、また重要である。

・FSR400 感圧範囲 0.1~20Nである。この数値から掛けられる荷重値F(N)を知ること。有効センサ領域 直径5.08mmである。厚さ 0.35mm。

・FSR402 感圧範囲 0.2~20N。有効センサ領域 直径12.7mm。FSRX402 感圧範囲 0.3~50N。

・FSR404 感圧範囲 0.2~20N。有効センサ領域 内輪6.80mm~外輪15.50mm。

・FSR406 感圧範囲 0.2~20N。有効センサ領域39.6×39.6mm。FSRX406 感圧範囲 0.3~50N。

・FSR408 感圧範囲 1~100N。有効センサ領域10.20×609.60mm。（端子面を残し切断可能）

上記の感圧範囲については、指の先を模した硬質ゴムを使用したときの数値とも言われているが、明確な開示はされていない。

<注意書き> Please note that the graph values are for reference only and will vary between different sensors and applications. (秋月電子 Web サイト, INTERLINK ELECTRONICS Inc. データシート・FSRインテグレーションガイド)

2.2 1bitセンサー

このセンサーは感圧の有無を捉える。金属箔とスポンジ状のものを合体させたサンドイッチ状の導通センサーである。圧の水準というより触れているか、触れていないかの違いを見分けるもので、接触の有無を情報とする。即応性があり耐久性をもつ。イベントマーカにも活用できる。サイズ形状ともハサミレベルで自作可能である。

2.3 傾斜角度計

M5StickC Plusは、Pitch, Roll, Yawの3方向の回転角度の変化を捉える。システム設計としては、Bluetooth仕様であり、数値500/1000を起点として、1° 単位での変化を取得できる。

3. 結果

3.1 カと圧の関係を調べるためのキャリブレーション

横軸に力の出力、縦軸に圧力値のグラフを作成、その回帰式を求めることで、任意の荷重値に対する圧力値を求めることが容易になるが、圧力は一般的にPaで表記される。医療的には血圧値mmHgとして馴染みのものであるが、単位の主軸はPaであることを再認識することも指摘しておきたい。

3.1.1 FSR X 406キャリブレーション(1)

大分県産業科学技術センターには静荷重試験機があり、それを使用すれば測定環境温度管理のもと、荷重値[N]と圧力値[Pa]との関係を精度高く求められる。実験用FSRX406の基礎データを収集した。既にFSR402において個体における再現性を確認している³⁾。図1はFSRX406のCAL風景である。

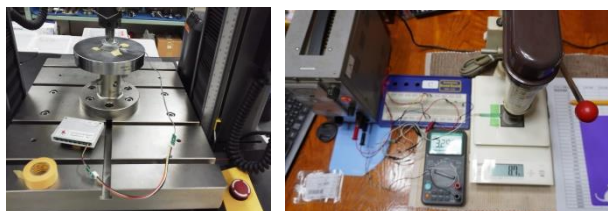


図1 静荷重試験機(左) 手作り(右)

3.1.2 FSR X 406キャリブレーション(2)

静荷重試験機もErgoDeviceも手元になく、ベンチドリルとホールド機能付きテスターを活用し、ブレッドボードにVout回路を作製し、静荷重試験機等に準じた関係式を求めるべく、手作りキャリブレーションを実施した(低価格で実施可能)。図2は、抵抗分圧回路に基づく圧力変換のための基本構成を示したものである。

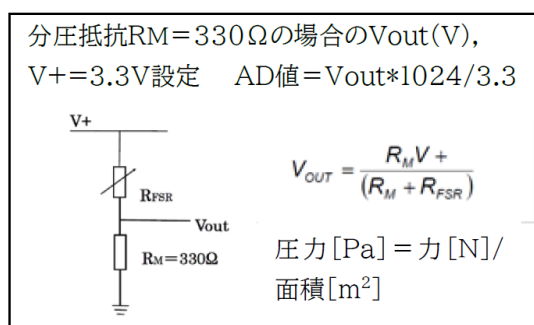


図2 抵抗分圧回路と圧力計算過程

図3はそれらのCAL結果を示した。Φ35mmに統一。

4. 考察

感圧範囲内での使用順守と固体内の相対量による段階的の尺度を用いた評価形式は有用と考える。次に押圧面積を変えたときのAD値を求めた(図4)。

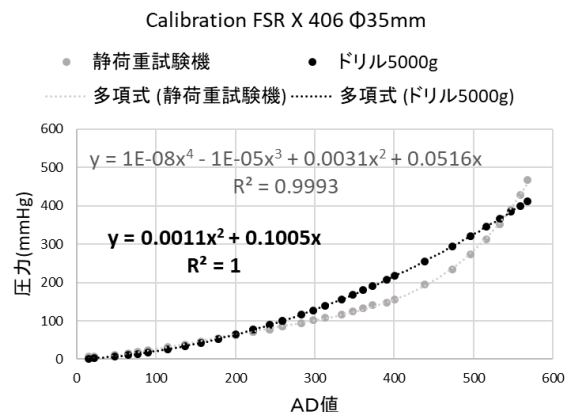


図3 FSR X 406 荷重値圧変換CAL(押圧素材異なる)

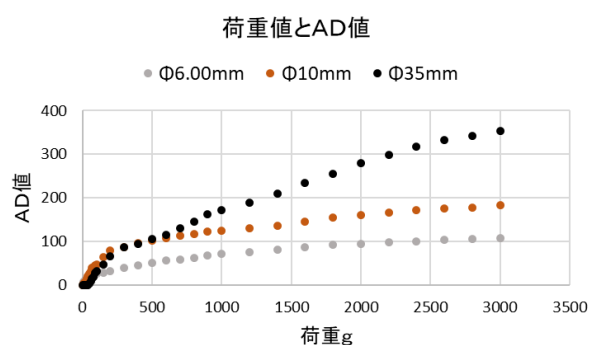


図4 押圧面積による感圧出力の違い

V_{out} は、荷重値(F)と押圧面積(S)を反映する結果が示された。数値の評価には力と接触面積の関係が内在するところに留意したい。

5. 謝辞

ErgoDeviceの開発については、早稲田大学理工センター技術部の中川翔氏の多大なるご協力によるものであることを申し添えます。



← CAL動画アクセス

6. 文献

- 戸上英憲, 他.: 手術用椅子の開発のためのセンサーの応用-1Bitセンサーの開発と応用-, 九州人間工学, 第40号, p. 5-6, 2019.
 - 能登裕子, 他.: 体位変換によって生じる接触圧推移の簡便な測定の試みと活用, 九州人間工学, 第42号, p. 27, 2021.
 - 佐藤幸志郎, 他.: 体重差対応型ソファの設計-第四報 座り心地評価のためのボディースーツ型椅座姿勢計測-, 九州人間工学, 第42号, p. 7-8, 2021.
- [連絡先] 戸上 英憲 e-mail : pfc03253@nifty.com

座り心地の神経学的なモデル

—椅子と座る人からのコミュニケーションから得る自分の心地よさ—

○野呂影勇*, 兵頭敬一郎**, 佐藤幸志郎**, 疋田武士**, 戸上英憲***

*早稲田大学・エルゴシーティング株式会社, **大分県産業科学技術センター, ***産業医科大学医学部医科物理学

Neurological model of seat comfort

-Creating a personal comfort through communication between a chair and human sitting-

Kageyu NORO*, Keiichiro HYODO**, Koshiro SATO**, Takeshi HIKIDA**, Hidenori TOGAMI***

*Waseda University, ErgoSeating Co.,Ltd., **Oita Industrial Research Institute, ***Physics, University of Occupational and Environmental Health, Japan,

1. 座り心地の神経学的なモデル

はじめに：一連の研究はモノづくりと評価が目的である。椅子（ソファ）の開発とそのため開発システムが、同時に行われているのが特徴である。開発システムは、“椅子と人が対話するシステム”と総称し、内容は、Sensor based ergonomics である。システムレイアウトは、Noto ら（2022）の図1が新しい。

今から20年位遡るが、トヨタ自動車や慶應義塾大学山崎信寿研などが加わり椅子の座り心地を研究する会があった。そこでは押し込み硬さを測定する実験が行われた。（特に平尾章成さん（当時は大学院生、今は産総研）の臀部の押し込みを測定する研究が行われた。これに触発され私の研究室でも臀部から大腿部の触診を行い感覚の有無を調べた。研究の方法は、神経内科学で行っている感覚検査の一つとして部位別触覚：左右の前腕・下腿などに触覚刺激を与え、触覚を普通に感じるかどうかを調べる。この方法は、東京女子医大神経内科の臨床でギランバレー症候群の患者についての臨床検査から学んだ。図1はその時の研究室実験の様子で、その結果臀部から大腿部の圧感覚のマッピングが行われた。（図2）



図1 神経内科学の感覚検査：部位別触覚テスト
臀部の黒点は、表在感覚の反応点

図2からは、例えば次のことが読み取れる。

- ・臀部の圧力は、適当な範囲ですわり心地が最大。高くても低くても座り心地は低下する。

注 着座時の圧力の変化 5) 兵頭らと Katz(1920)

の透触面（佐藤ら 2020）は関連する研究である。

- ・膝下の圧力 増加により不快感は増加する。

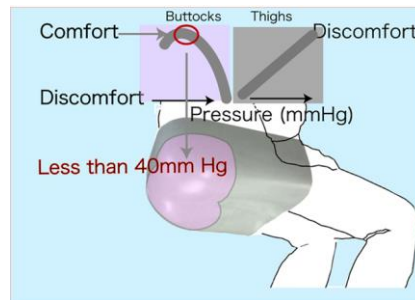


図2 臀部・大腿部の圧感覚のマッピング

神経内科学の感覚検査を基に、A physiological model for seat comfort(2012) が提案された。

座り心地の神経学的モデル 2012 2022 revision



図3 座り心地の神経学的モデル

2. Personal sitting comfort

座り心地は個人的な感覚なのかそれとも人間共通の感覚なのだろうか。このような議論には、筆者は本来興味をもたない。しかし椅子と人がタブレ

ットを介して結びつくためには、訴求点として意味を有する。座り心地の個人的な要因としては、広義の体重と腰部臀部の形状そして姿勢が含まれる。

参照 第六報 兵頭らの報告

3. 椅子と人を結びつける原理

図2で示した圧感覚のマッピングを参考として、重要な身体部位に対応するクッション部位にデジタル(1 Bit), アナログセンサーないしは角度計・加速度計を配置する。Bluetooth 環境下で接触ないしは圧力値, 角度などのデータは, 多チャンネルのDAC を介してタブレットに表示される。当初は, 図4のように豆電球であった。

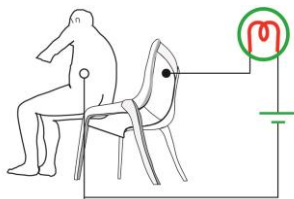


図4 椅子と人をつなぐ原理

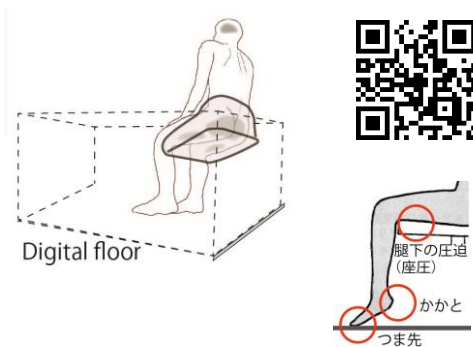
見かねた藤木通弘先生(産業医科大)がブレッドボードを用い執刀要求精度の設定などを行えるようにした。まだ, 全体が有線で同大手術室の実験であった。

4. デジタルフロアの開発

図5の破線で囲った領域がデジタルフロアである。下記の定義に従い, センサーと装置類で統合的に処理する考えでDXらしい構想といえる。

デジタルフロアの定義:

- ・木製等の床材で建物の床に重ねる
- ・Bluetooth 接続環境
- ・床自体が, いくつかの測定機能を有する
例えば, Gross weight, 複数の 1Bit sensor
- ・床面から座面・骨盤腰椎のレベルを含む立方体内は, 特に関わる。



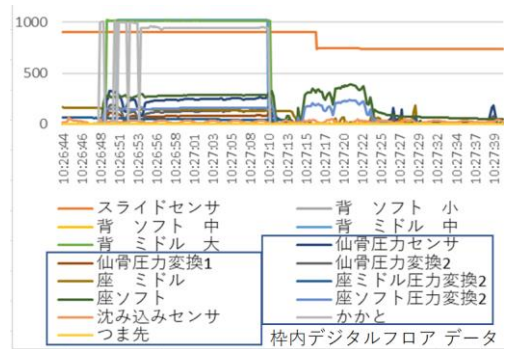
エコノミークラス症候群のアラーム

図5 デジタルフロア 図6 応用例

5. 得られるデータについて

今回のシステムでは個々の顧客の条件をコードレス装置が検知し, パーソナル・コンフォートと

健康診断が自動的に行われる。



凡例の枠外は, 姿勢検出に利用される。
図7 得られたCSVデータの一例 約90秒

実験は, 椅子の座り心地についての演習である。まだ, 有線システムの時期である。現在は, コードレスシステムとなっている。第六報兵頭らの報告を参照されたい。



6. まとめ

プロジェクトは, エキスパートのための Participatory ergonomics 6)で行っている。

7. 謝辞

産業医科大学藤木通弘先生は, 1 Bit センサーを用いて接触確認自動計測装置を手製された。4) 当該一連の研究“Sensor based ergonomics”のきっかけとなった。惜しくも 2021 年 10 月逝去された。感謝とともに哀悼の意を表する。

8. 文献

- 1) Kageyu Noro, Tetsuya Naruse, Rani Lueder, Nobuhisa Nao and Maki Kozawa : Application of Zen sitting principles to microscopic surgery seating, Applied Ergonomics, v(43)308- 319, 2012
- 2) Hirao, A., Naito, S., Yamazaki, N.,: Pressure sensitivity of buttock and thigh as a key factor for understanding of sitting comfort, Applied Sciences, 12(15), 7363, pp. 1-14, 2022.
- 3) Kageyu Noro, Hiroko Noto, Keiichiro Hyoudo, Koshiro Sato: Sensor Based Ergonomics, 日本人間工学会九州支部学術集会 2021
- 4) 近藤寛之, 藤木通弘, 三屋礼子, 小山秀紀, 戸上英憲, 八谷百合子, 渡部晃久: 顕微鏡手術執刀医の作業姿勢の違いの研究, 調査研究報告書, 第一生命財団, 2016
- 5) 佐藤幸志郎ら, 体重差対応型ソファの設計, 日本人間工学会九州支部学術集会 2020
- 6) Kageyu Noro, Andrew Imada (Ed): Participatory Ergonomics, Taylor & Francis (London) 1991