

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2007～2009

課題番号：19300202

研究課題名（和文）

歩行パターン測定と歩行訓練の両機能を有する可搬型電子制御歩行路の開発

研究課題名（英文）

Development of portable electrically controlled walkway for gait analysis and training

研究代表者

堀川悦夫（HORIKAWA ETSUO）

佐賀大学・医学部・教授

研究者番号： 10155004

研究成果の概要（和文）：歩行パターン計測機能と歩行訓練機能を併せ持つ可搬型電子制御歩行路を開発した。ワンチップマイコンによって制御され、パーソナルコンピュータからソフトウェアで制御し、刺激提示とデータ取得を行うものであり、病院・施設、そして在宅における歩行検査やリハビリテーションに活用することができるものである。

研究成果の概要（英文）：The new device equipped gait analysis and gait training functions on a electrically controlled panels using a personal computer. Those panels are thin, light weight, and easy to assemble and detach to use as a walkway. They are very useful for the gait analysis and gait training, especially in hospitals, nursing homes and personal use in the home.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
平成19年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
平成20年度	3,100,000	930,000	4,030,000
平成21年度	1,400,000	420,000	1,820,000
平成 年度			
平成 年度			
総計	8,500,000	2,550,000	11,050,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学 リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：健康・福祉工学

①医療・福祉 ②リハビリテーション ③脳・神経 ④認知症（痴呆） ⑤高齢者歩行訓練

### 1. 研究開始当初の背景

【歩行検査の有用性】歩行障害と各種疾患との関連が示されており、歩行評価は、神経学的分野やリハビリテーション分野において、主

要な運動機能検査の一つである。しかし、歩行の所見は、従来、主に観察によって得られており、重症度・治療効果判定、検査の客観性のため、歩行の数量化が必要である。

【歩行訓練の必要性】 歩行能力の向上、そしてそのための歩行訓練は、脳卒中患者のリハビリテーション、糖尿病患者の運動療法、そして一般高齢者の転倒予防に必要である。

運動療法が必要な成人や高齢者において歩行は運動習慣形成の第一歩であるが、運動習慣形成はよいではなく、対象者の、興味関心が持続するような歩行訓練が必要である。

## 2. 研究の目的

虚弱高齢者やパーキンソン病患者にみられる小刻み歩行やすくみ足に対する歩行訓練には、適切な足接地の位置に目標となる刺激提示が必要で、訓練中のつまずきによる転倒を防ぐため、接地の目標となる刺激は光学的に提示することが望ましいが、足接地目標を歩行路の任意の位置に提示することは容易ではない。

歩行訓練の動機づけの維持・向上のため、被験者や患者に訓練結果をフィードバックし、且つ、興味関心を高めるためにはゲーム的要素も必要である。しかも、病院や施設や在宅で使用するためには、数量化に用いる装置の可搬性や設置・撤去の容易さは必須である。

これらの点から、本研究の目的は、病院・施設、そして在宅での歩行検査やリハビリテーションに活用できる、歩行計測機能と歩行訓練機能の双方を併せ持つ、新発想に基づく可搬型電子制御歩行路を開発することである。

## 3. 研究の方法

(1) 歩行パターン測定と足接地目標提示のためのデバイスの選定と試験

- ① 面発光デバイスの試験と選定
- ② 薄膜センサシートの試験と選定
- ③ 発光デバイスと制御回路の製作
- ④ 薄膜センサと同用バスライン、及びデータ集積用回路の製作
- ⑤ 面発光トリガ信号生成用回路及び制御ソフトウェアの開発
- ⑥ 薄膜センサon/offデータのファイリングと時間計測ソフトウェアの開発
- ⑦ 歩行結果の表示プログラムの作成
- ⑧ 設置・分解・組み立てを容易にするための多層型ユニットの製作

(2) 歩行ユニットのハード・ソフトの改良と臨床応用への展開

- ① 実験室内でのパイロットデータの取得
  - ② 測定・訓練全体を制御するプログラムの開発
  - ③ 大学生データの取得
  - ④ 歩行測定装置としての応用
  - ⑤ 歩行訓練装置としての応用
  - ⑥ 歩行ユニットの追加製作と米国にけるデータ取得
  - ⑦ データ解析とプログラムの改良
  - ⑧ 測定システムの可搬性の向上
- (3) 地域在住高齢者及び歩行訓練を必要とする患者等のデータ取得と分析
- ① 地域在住高齢者向けの介護予防事業の一環としての出張測定の実施
  - ② 歩行訓練を必要とする患者などのデータ取得の実施
  - ③ 歩行訓練補評価のための追跡研究
  - ④ 総括
  - ⑤ 特許出願
  - ⑥ 論文投稿

## 4. 研究成果

【平成19年度】

### (1) 面発光デバイスの試験と選定

歩行路に敷き詰め、足の運びの目標となる面発光デバイスとしては、絶縁など基本的電気特性はもとより、薄さ、高輝度、耐久性などが求められる。摘要可能で現在利用可能な様々な発光デバイスの特性を検討し、エレクトロルミネッセンス(EL)を検討した。

その中でも有機ELは、低電力消費や高輝度、演色性などの点で優れた特性を有する最適のものであるが、現段階では、大面積の製作が技術的にもコスト的に困難であった。次世代デバイスとして今後とも検討する必要がある。

### (2) 薄膜センサシートの試験と選定

接地位置と反応時間検出のため設置した薄膜センサシートをマトリクス状に配し、on/offを取得するためメンブレンスイッチを検討したが、歩行平面での解像度を上げるにつれて、センサ点数がその反応を取得するためのバスラインの本数が増えると共に、各センサをスキャンする周波数も高速となり、システム全体の負荷がかなり増加することとなる。

そのため、センサメーカーの協力を得て、試験を行い、改良を施しながらセンサシートを製作することとした。

【平成20年度】

### (1) 歩行ユニットのハード・ソフトの改良と臨床応用への展開

本研究でこれまで開発してきた電子制御歩行路の中で、歩行目標提示用視覚刺激部分に用いる面発光デバイスは、薄さという点では優れているが、その特性上輝度が低く、臨床現場での応用では高齢者からは見にくく、使用環境での照明を低下させる必要が生じ、それが転倒を誘発しかねないという問題点や、表示部分の単位面積が大きく、粗い目標提示しかできないという問題点があった。

目標提示部の輝度および解像度の向上のため、発光素子の改良を行った。また米国の共同研究者からは発光色を変化できないかという要望があり、これも考慮した改良を行った。

検討の結果、3色LEDを用いて色の可変と輝度向上、表示単位の精細化を行うこととした。また、コスト低減のためにソフトによる制御割合を高め、通信方式として、USB-RS232C変換を行う方式で改良を行い、臨床応用と今後の応用の可能性を大きく向上させることができた。

【平成21年度】

### (1) 歩行目標刺激提示装置の改良

歩行解析と歩行訓練を同時に行うため、足接地位置の時間的空間的測定を行うことと、接地位置の目標を示す視覚刺激が必要である。

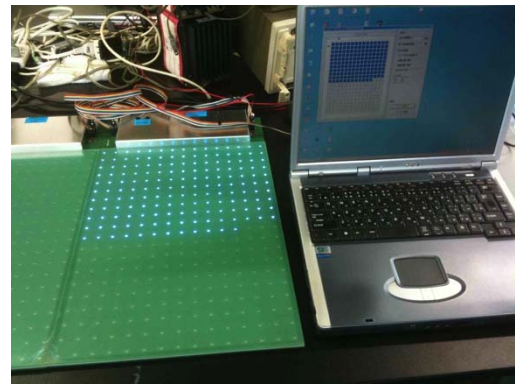


図2 試験中の電子制御歩行路

最終年度である本年は、多くの改良を行い、実用に耐える電子制御歩行路を作成した。足接地目標となる視覚刺激提示には、従来のELでは、1色のみ発光で且つ経年的輝度低下がみられた。今回は3色発光ダイオードを用い、その間隔も従来の5cm間隔から2cm間隔で配置して回路を設計・制作した。

### (2) ダイナミック点灯方式の採用

- ① 点灯間隔は1ms間隔として、1面について15ms周期で点灯させる。
  - ② 点灯は左から右方向と右から左方向の2種類設定可能な仕様とした。(上面と下面の点灯方向を一致させるため)
  - ③ 各座標のRGB3色LEDは点灯/消灯ビットの状態により同時に点灯・消灯させる
  - ④ 複数基板を組み合わせる場合、基板間の点灯時期は非同期とする。
- その結果、当初よりも高精細度で且つ多色提示の多様な刺激提示と訓練が可能となった。

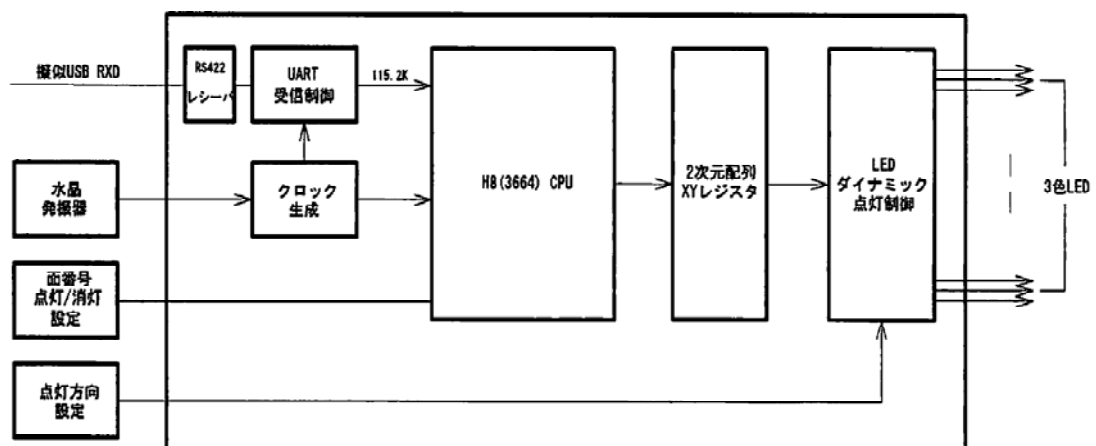


図1 回路のブロックダイアグラム

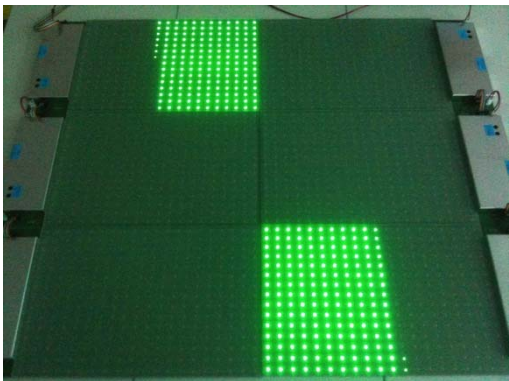
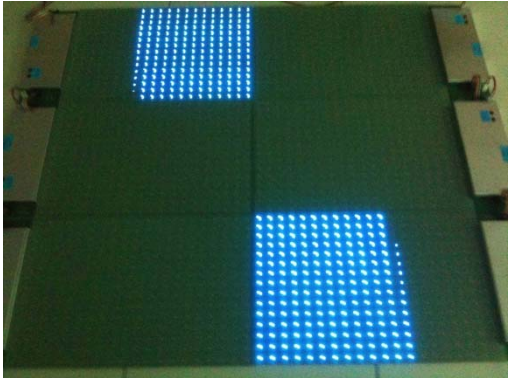
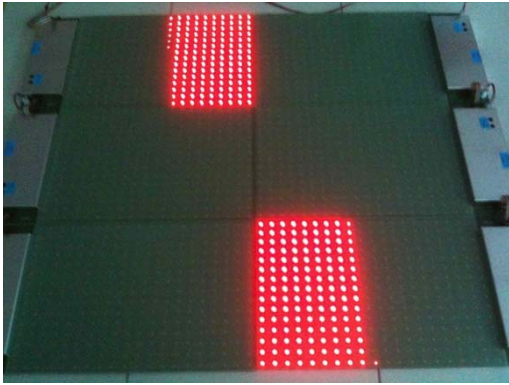


図3 足接地目標刺激を3色個別表示の例

### (3)制作した歩行路の特長

- ①パネル1枚あたり、15×20個×RGB3色LEDとマイコン制御回路を有する
- ②シリアル通信コマンドでの各LEDの点灯制
- ③複数台の点灯制御を構築可能にし、RS485通信によるマルチドロップ接続方式により最大100台の制御が可能である。
- ④PCホート直結RS232C/RS485変換回路採用、
- ⑤ACアダプタか高容量型電源装置で使用可
- ⑥明るさ3段階設定可能、
- ⑦省電力DC9V駆動、消費電流1A以下で駆動(1台あたり)

### (4)ソフトウェア仕様

#### ●通信仕様

- ①調歩同期式(UART) 通信速度 (38.4Kbps)、
- ②データビット(8bit)、③パリティビット(無し)、
- ④ストップビット(1bit)、⑤フロー制御(無)、
- ⑥出力コード(バイナリコード)

#### ●受信フォーマット 5バイト固定長、

- ①スタート(0x72固定)、②ID(1~99)、
- ③X座標(0~14(RGBα-βのα-1)、
- ④Y座標(0~19(RGBα-βのβ-1))、
- ⑤RGB状態(0x00~0x0F) 下位4bitの組み合わせ ON=1, OFF=0、
- ⑥ストップ(0x73固定)

### (5)3色LED面の配置

- ①1上面と下面ではLEDの配置が上下・左右反転するが、Vb6のソフトで対応する
- ②第1・2面のLEDの配置は制作の都合上、各面のLED配置番号 奇数面(1,3...)は左上が(X1,Y1)で 偶数面(2,4...)は右下が(X1,Y1)の位置になる
- ③VB6(Visual Basic ver.6)のテストプログラムの点灯は、(X1,Y1)→(X15,Y1)、及び(X1,Y20)→(X15,Y20)方向で走査する
- ④1つのLEDでR,G,Bを個別に点灯しRGB同時点灯でテスト終了とする。
- ⑤6各点灯時間をCOMの速度から0.1s、0.2s,0.5s、1secの間隔で可変設定できる

### (6)コントロールコマンド

- ①固定長(48bit)=6バイト、スタートコマンド(8bit)+コントロールデータ(32bit)+ストップコマンド(8bit)
- ②RGBの点灯/消灯は上位4ビットを無効にし、下位4ビットを使用する。
- ③スタートコマンド=0x72、ストップコマンド=0x73コードとする。また81H以上は日本語を扱うVb6で2バイトコードとみなす。
- ④データはバイナリデータとする6面番号はbit7=0として区別するため面番号データは0x01(1面)~0x6F(111面)面が設定でき、仕様のMax100を満たす





図4 足接地目標提示の例 幅広 赤色



図5 足接地目標提示の例 狭路 青色

#### (7) RS232Cによる通信制御

- ①USB- RS232C変換ICでの簡易型USB通信
- ②通信速度は固定(32.4Kbps)
- ③データビット8bit、パリティ無、ストップビット 1
- ④通信は送信のみ(PC → H8CPU)
- ⑤RTS/CTSコントロールオン

#### (8)Vb6のLED制御ソフトの概要

- ①点灯間隔時間の設定:コンボボックスで COM 速度、0.1sec,0.2sec,0.5sec,1secの4種から選択

- ②制御面の数の設定 : テキストボックスで 2,4,6,8,...の任意数で偶数値を入力する
- ③点灯方式の設定: LED面の (a) R、G、B 各色を同時/順次、点灯/消灯, (b) LED次の面に移る(LED-P1のタイトルが LED-P2のように書き換えられる) など

#### (9) 足接地位置・圧計測装置の改良

足接地位置測定には、視覚刺激と同様にマトリクス状に配置したセンサ出力を高速でスキャンすることが必要であるが、圧検出型、薄膜形状、プリント基板として制作可能、LED 基板と積層化が可能という仕様の足接地計測がローコストで制作することが困難であり、市販品から選択し、測定に使用した。

#### (10) 実用化・市販に向けて

歩行解析においては、on/off 型センサよりも、圧力に対して線形の出力を有するセンサが望ましいが、フレキシブル基板上に同種のセンサを大量に構築するには、技術的にも困難で且つコストや誤差範囲の問題がある。

可搬性を維持することと、制作を容易にするために、30cm\*45cm の基盤に分割して作成し現場で組み合わせて使用するものとして制作を行った。

技術的には、on/off 型センサを組み合わせることで4段階程度の圧力変化を検出できることが技術に可能であり、歩行解析の内容をより豊かにした電子歩行路によって実用化を行うことが必要である。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 8 件)

- ① Horie J, Itoh K, Fujii H, Ishihara H, Horikawa E, Exercise Limitation Factors of Patients with Chronic Respiratory Failure: a Comparison of Chronic Obstructive Pulmonary Disease and Sequelae of Pulmonary Tuberculosis. J. Phys. Ther. Sci. 2009, vol,21 156-161.
- ② Horie J, Murata S, Inoue Y, Nakamura S, Maeda Y, Matsumoto Y, Horikawa E , A Study of the Influence of the Pulmonary Function on the Angles of Thoracic Kyphosis And Lumbar Lordosis

Community-Dwelling Elderly Women J. Phys. Ther. Sci., 2009, vol.21 169-171.

③ Horikawa E, Morizono R, Koga A, Horie J, Elderly Driving Behavior and Cognitive Functions -Analysis of License Renewal Course Data Journal of International Association of Traffic and Safety Sciences, 33:( 1), 18-26, 2009

④ Yakusiji Y et al, Horikawa E, Brain microbleeds and global cognitive function in adults without neurological disorder, Stroke, 2008 vol.39, 3323-3328.

⑤ 堀江淳、林真一郎、堀川悦夫、呼吸理学療法 気管支喘息児に対する排痰トレーニングのポイント、理学療法, 2008, 45, 308-314

⑥ 大屋友紀子、中村真須美、田畑絵美、森園亮、森祥子、木室ゆかり、堀川悦夫地域在住高齢者の易転倒性と膝伸展筋力に関する研究、日本老年医学会雑誌、2008, vol. 45, 308-314.

⑦ 森園 亮、大屋友紀子、堀川悦夫、ほか、身体動揺における一過性の揺れと易転倒性の関連について、一地域在住高齢者を対象として一、身体動揺研究、2007, vol.4, 242-248.

⑧ He H, Kiguchi K, Horikawa E, A study on lower-limb muscle activities during daily lower-limb motions, International Journal of Bioelectromagnetism, Special Issue on Recent Trends in Bioelectromagnetism, 2007, vol.9, 82-87

[学会発表](計 5 件)

① Baba S, Morizono R, Kukihara H, Yamaguchi E, Min Min, Horikawa E, An Individual Care Confirmation Board (ICCB) for Elderly People in The Nursing Home, The Evaluation of Caregivers which used Individual Care Confirmation Board (ICCB) to the Nursing Home. The Gerontological Society of America 63rd Annual Scientific Meeting, 2009. 11.21 Atlanta, Georgia, USA

② Kukihara H, Min Min, Baba S, Sugimoto K, Nagae M, Yamaguchi E, Horikawa E, Knowledge and Image of Dementia among Community-Dwelling Elderly People. The Gerontological Society of America 63rd Annual

Scientific Meeting, 2009.11.20 Atlanta, Georgia, USA

③ Anami K, Horie J, Shiranita S, Motonaga K, Morizono R, Horikawa E Physical Evaluation to Chronic Lung Failure for Pulmonary Rehabilitation Yuanpei University International Students, Academic Presentation 2009,3,16, Taipei Taiwan.

④ 中村真須美、森園亮、大屋友紀子、森祥子、木室ゆかり、堀川悦夫 高齢者の易転倒性と障害物跨ぎ動作時の下肢運動制御について、日本老年医学会学術集会、2008.6.20 千葉市

⑤ Horikawa E., Mobility problems of elderly people in Japan, 60<sup>th</sup> Gerontological Society of America. San Francisco, USA 2007.11.19 [図書](計 1 件)

① 堀川悦夫{分担執筆}、社会生活行動支援編集委員会(佐賀大学)編集、Evidence Based Support への展開 一転倒、認知症、そして介護一、社会生活行動支援概論 126P (分担7P)、2007。

[産業財産権]

○出願状況(計 件) 出願準備中

発明者:堀川悦夫

権利者:堀川悦夫、佐賀大学

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別: 日 米 台湾 韓国 中国

○取得状況(計0件)

[その他]

ホームページ等 特許出願後掲載

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

堀川悦夫 ( HORIKAWA ETSUO )

佐賀大学・医学部・教授

研究者番号: 10155004

### (2)研究分担者 該当せず

### (3)連携研究者 該当せず

\*本研究は、ミシガン大学医学部老年医学センターのモビリティリサーチグループ(医学部老年医学センター Neil Alexander 教授、同神経心理学 Bruno Giordani 教授、工学部 James Ashton-Miller 教授)との共同研究である。