

身体に加わる加速度とサウンドの音像移動に関する 心理学実験報告 (2/4)

長嶋洋一†

映像酔いに関して筆者が過去に行った研究で、映像酔いの指標として被験者の末端二酸化炭素濃度が低減されるか、を調べた。本研究では、自動車内で身体に加わる加速度と、聴取するサウンドの音像移動(時間的に身体に加わる加速度よりやや先行させる)との組み合わせに対する好き嫌いの被験者の判断を、被験者の主体的判断によるジョイスティック操作と無意識情報であるCO2濃度とで分析した。本報告はそのpart2として、特に心理学実験のシステムデザインについて紹介する。

Report of experiment - impressive relation between acceleration of body and movement of listening sound (2/4)

YOICHI NAGASHIMA†

This is a report of the psychology experiment using subjects. Two or more subjects attach a sensor to the body, and ride in a car. They listen to music by a stereo earphone. If the acceleration of a transverse direction occurs with operation of a car, the balance of the sound currently heard on either side will change. A subject judges and shows the tastes of the impression of movement of a sound using the joystick at hand. This paper reports the system design for experiments as part 2 of 4.

1. はじめに

筆者はこれまで、Computer Musicやメディアアートに関連する、研究・システム開発・作曲・公演・教育などの活動が続けてきた[1]。この中にはメディア心理学に関連した研究もあり、文献[2]では、聴覚的情報と視覚的情報を同時に視聴するマルチメディアコンテンツにおける「ビート」に注目し、実験システムを製作し被験者を使った心理学実験を通して、音楽的ビートが映像的ビートの知覚に及ぼす局所的な引き込み効果を提唱した。この研究に関連した学会発表の中で、身体動作(加速度の知覚)もかなり影響するとの指摘を受け議論できたのは、本研究に繋がる収穫であった。

その後、「映像酔い」に関して、文献[3-10]などの調査を受けて実験システムを製作し被験者を使った心理学実験を行い、サウンドを使って映像酔いを低減できないか、という可能性について検討した[11-17]。従来は被験者の「酔い」の程度を実験後のアンケートで収集していたのに対して、末端二酸化炭素濃度の変化を計測することにより、実験中にリアルタイムに「酔い」を検出するアプローチは発表した学会/研究会でも注目された。被験者には「能動的視聴」「受動的視聴」という、大きく二つの異なる傾向があるのではないかと、という仮説に到達したが、より巨大なスクリーンを使った新実験の必要性に至った段階でストップしていた。

今回、自動車に乗って音楽を聴取する際の、身体に加わる加速度とサウンドの音像移動に関する嗜好を調査する機会を得た。ここでは、被験者の末端二酸化炭素濃度の変化計測という新しい手法を採用し、さらに実験後の全般的

な印象のアンケートでなく、刻々とリアルタイムに印象評価を計測する新しい実験システムを開発することで、新しい知見を得ることが出来た。サウンドにより「車酔い」そのものを低減できるかどうかについては追試が必要なものの、映像酔いの研究で仮説として提案した「能動的聴取」「受動的聴取」が、自動車に乗っている人間に適用できる可能性を確認できた[18]。本稿は、この研究について2012年5-6月に開催される関連領域の4つの学会/研究会で報告し、心理学実験システムの構築に関する問題提起とともにそれぞれの領域の専門家との議論検討を目的として発表する中の1件である[19-21]。

2. 人間の音楽情報処理とマルチモーダル知覚

筆者が注目するマルチモーダル心理学領域でのポイントは「主体性(能動性)」と「時間感覚」である。サウンドや音楽の知覚認知という脳内での作用(人間の音楽情報処理)については、聴覚的情報の到着に反応したリアルタイム情報処理だけでなく、短期/中期/長期の脳内記憶と関連した無意識下のパターン認識の結果が関連しているのはよく知られている。そして聴覚情報は視覚情報と互いに影響し合うことでマルチモーダル錯覚を生み出し、また身体感覚情報とも関係している[17]。

一例としてジャズ/ポップス/クラシックなどの音楽を聴取している人間の反応を考えると、コンサート/ライブ会場であれば演奏者の演奏風景を注視しつつ、作曲され/即興アレンジされる音楽について「繰り返し」「転調」「オブリガート」などのスタイル・表現を理解し楽しむ聴衆がいる一方で、同じ客席についつい眠りに落ちる聴

†静岡文化芸術大学
Shizuoka University of Art and Culture

衆がいるのはとても興味深い。音楽聴取がメインでない状況(歩きながら iPod を聞く、ドライブしながらカーオーディオを聞く、テレビ等の映像を見ながら BGM や効果音を聞く)ではさらに、歩行の身体ビートを無意識に音楽に合わせてたり [2]、ストーリーや映像に没頭して音楽の印象がまったく無かった、などという現象も一般的である。すなわちサウンドの聴取という脳内音楽情報処理においては「意識的/無意識的」「能動的/受動的」という特性が重要であると考えられる。

車酔いや映像酔いの程度を被験者の末端二酸化炭素濃度で計測できるのではという報告 [10-17] は、「酔い」という一種の脳内錯覚現象が、無意識下に代謝(呼吸)を低下させているからと推測されており、客観的に心理的な現象を外部から計測できるメリットがある。無意識的な生体情報から心理学的なデータをリアルタイムに計測する心理学実験をデザインする方法を提案していくこと自体も、筆者の研究領域の一つの柱である。そして生体リズムとマルチモーダル知覚との関係において注目しているのが「主観的時間/客観的時間」という、生命と時間の概念の検討である。本研究はこれらの領域にも深く関わっている。

3. 3段階の実験ステップ

本研究は、2010年から2011年にかけて、大きく3段階のステップの異なる被験者実験をデザインし、実験システム/実験ソフトウェアを開発し、SUAC 学生を被験者として行った。ここではまず簡単に、その全体像を紹介する。

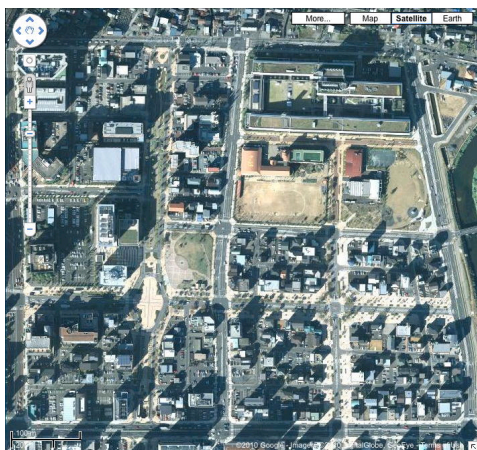


図 1 実験を行ったSUAC周辺の道路

Figure 1 Experiment route around SUAC.

第1段階の実験では、「加速度センサによってサウンド定位が変化する」音源装置を用いて、同時に乗車する2-3人の被験者(実験中は全て目をつぶっているよう指示)の印象評価を刻々と計測・記録する実験システムを開発した。自動車に乗っている人間が身体に感じる加速度には、大きく「前後方向(加速・減速・停止)」と、「左右方向(カーブ)」があるが、ここでは「左右方向」に限定した。その理由は、実験において2-3人の被験者が乗車する車内の位置は全て異なっており、4チャンネル/5.1チャンネル等の空間音響システムでサウンド素材を提示しても、それぞれの聴取するサウンド聴取状況が全て異なり、実験条件とし

て良好でないからである。そこでステレオのインナーイアホンを使用し、全ての被験者の身体には共通の左右方向の加速度が加わる、という条件を実現した。この実験システムの開発について本稿で詳しく報告するが、図1の実験ルートについて参考文献 [19] の場で詳しく解説する。

第2段階の実験では、第1段階の実験の結果を検討する中で問題提起された、「身体に加わる加速度とサウンド知覚との時間的關係」の改善を目指した。サウンド素材として「加速度センサによってサウンド定位が変化する」音源を用いるという事は、運転によって左右方向のカーブを走った時に、被験者の身体に加わる左右方向の加速度と同じ加速度が、音源システムに内蔵された加速度センサにも加わる。この加速度センサのデータを元に、再生するサウンドの左右方向の定位(音量バランス)を変化させるので、被験者にとって、自分の身体に加わった加速度よりもわずかに遅れて音像が移動する(最善のケースでもほぼ同時)。ところが筆者の「映像酔い」の研究 [17] では、視覚的な注視点の移動と同時にサウンドの音像を移動させるのではなく、時間的に先行してサウンドを移動して「(無意識に)予測させる」ことで、映像酔いの低減の可能性を検討した。この考え方から言えば、第1段階の実験は「いま身体に加わった加速度とサウンドとの関係」しか実験できていない事になる。そこで第2段階として、実験システムを一部改良して、助手席に座った実験助手のマニュアル操作によって、「これから移動する方向」に対応してサウンドの定位を変化させた。これは、身体に加わる加速度よりも数百 msec ほど先行するものなので、加速度の変化よりも時間的に先行してサウンドを移動して「(無意識に)予測させる」という実験を行えることになる。この実験については、生体時間に着目して参考文献 [20] の場で詳しく検討するが、システム開発の部分は本稿で紹介する。

約1年後に行った第3段階の実験では、第1/2段階の実験結果の検討から、(1)実験助手のマニュアル操作による時間的に先行したサウンド定位変化でなく、実際の運転情報から適切なサウンド定位変化のための情報を生成すること、(2)定位変化されたサウンドが端に貼り付く不自然さを解消すること、(3)スライドボリュームの直線的变化でなく、音量変化特性を自然なカーブとすること、(4)2回の実験は被験者に過酷なので、実験中に2種類のサウンドモードを混在させ、さらに「加速度がかかるのにサウンド定位が変化しない」という第3のサウンドモード(比較実験)も含めて1度の実験で完了とすること、(5)被験者の身体に加わる加速度とサウンドの音像移動に関する嗜好について、統計的な結論を求めること、の5点を目標としてデザインした。このため、実験に使う自動車への改造(車内配線の引き出し、ステアリング軸へのセンサの装着)を伴うことにもなったが、実験助手の手作業に比較して格段に性能の向上した良好な実験システムを実現できた。この実験については、新しい実験システムの開発について本稿で詳しく紹介するが、被験者の扱いや統計分析については参考文献 [21] の場で詳しく報告する。

全ての実験において、実験中に目をつぶってサウンドを聴取する被験者の中に、約2割ほど、「車酔い」の状態となって客観的に有効なデータが取れないケースが続出した。この「除去すべき被験者」の抽出に際しては、印象評価データの傾向の分析とともに、同時に計測した末端二酸化炭素濃度のデータの検討[17]が有効に機能した。

4. 第1段階の実験システムデザイン

第1段階の実験では、加速度センサを内蔵するように改造したカーステレオ装置(左右方向の加速度で線形にサウンドの左右のバランスを移動させる)を音源として使用したが、第2/3段階ではこの音源までを実験システムのソフトウェア内に移動させた。全ての実験で使用したサウンド素材はZARDの「負けないで」のエンドレスリピート再生で共通である。あまり静かな区間やクラシックのようなダイナミクスの変化がなく、かといって単調で眠くなるBGMも避けたい、という理由での選曲である。音源からのサウンド素材は全ての実験において、図2の分配アンプを経由して、同時に実験する2-3人の被験者、および助手席の実験助手(確かにサウンド定位が運転に対応して変化していることをチェック)のステレオインナーイアホンに供給した。耳の構造と聴力に個人差があるので音圧は計測していないが、「うるさ過ぎない」「小さ過ぎない」ことは確認して実験を行った。



図 2 オーディオ分配アンプ
Figure 2 Audio distribution amplifier.



図 3 被験者計測システム・メインBOX
Figure 3 Main box of sensing system.

図3は、この研究のために新たに開発した被験者計測システムのメインBOXであり、内部にGainer[22]と3軸加速度センサ(秋月電子KXM52-1050)[23]を設置しており、図4(左)のようにホストPCへのUSBケーブルと車のシガーソケットへの電源ケーブルが出ている。図4(右)は、さらにこのメインBOXから出ている、3系統(同一)の被験者センサBOX(被験者が膝の上に置く)(図5)に接続するケーブル類であり、

赤いコードで連結された2つのステレオミニプラグと2本のカーコード(後述)が出ている。

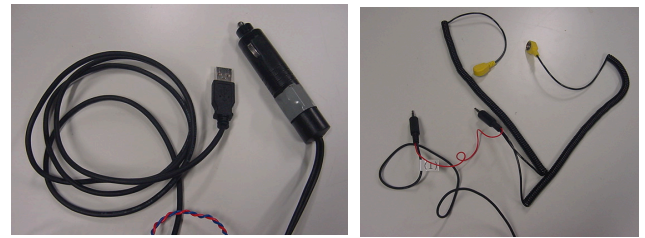


図 4 被験者計測システム・メインBOXのケーブル
Figure 4 Cables of main box.

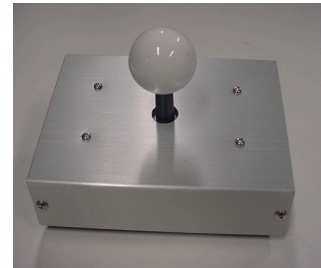


図 5 被験者用センサBOX
Figure 5 Sensor Sub box of sensing system.

図6は、被験者センサBOXに接続したケーブルと、そこから出る2本のカーコードの部分に取りつけるセンサである。これは皮膚に接触させる皮膚電気抵抗計測電極ということで、ゴムバンドを調節して密着させる。ちなみにこのセンサはダミー(本命のCO2計測センサへの注意を逸らすプラシーボ)であり実際には何も計測しないので、左右どちらでもまったく構わない。

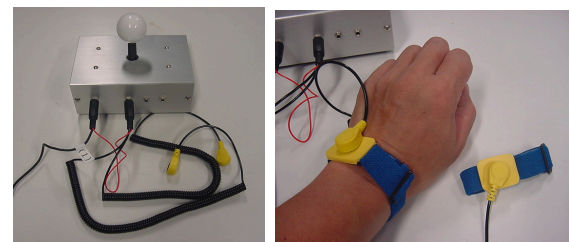


図 6 センサBOXとダミーのセンサ(1)
Figure 6 Sub box and dummy sensor (1).

図7(左)は、先端のクリップを耳たぶ(左右どちらの耳でもOK)に挟み、耳たぶを通過する赤外線強度変化から血流を計測する心拍センサである。必要に応じて途中のクリップで被験者の襟などを挟んで落下を防止する。ちなみにこのセンサ(本物)も本実験ではダミーである。被験者センサBOXには、図7(右)のように接続する。

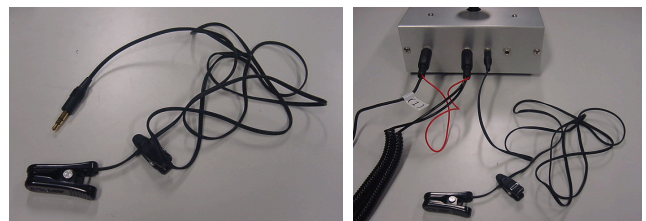


図 7 センサBOXとダミーのセンサ(2)
Figure 7 Sub box and dummy sensor (2).

図8(左)は、本実験において重要な意味を持つ二酸化炭素濃度センサ「CO2 Engine-K21 L0」である[24]。今回の実験のために新たに10種類ほどのCO2センサを調べ、数種類のCO2センサを購入して実験・検討した結果、SenseAir社のセンサと決定した。センサ自体が+5Vの電源供給を受けて、図8(右)のような特性で自動的に0-5Vの範囲のCO2濃度データに対応した電圧を出力するタイプである。周囲のCO2濃度が2000ppmを越えると最大値で飽和する。

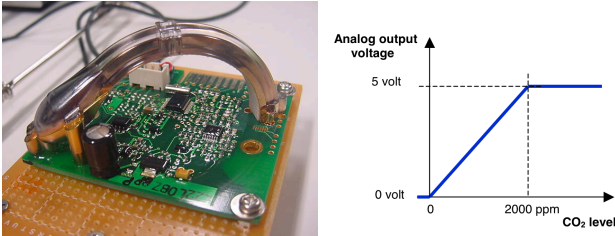


図 8 二酸化炭素センサ
Figure 8 CO2 sensor.

この二酸化炭素濃度センサを取りた基板には、裏側に木片が取り付けられている。それをフォークシンガー用のハーモニカホルダーに挟み込み、被験者はこれを首からかけることで、センサが自然に被験者の鼻先に配置される。実際の鼻からの距離には姿勢の違いとともに個人差があるが、二酸化炭素濃度の絶対値でなく、時間とともに相対的に変化する挙動が重要なので、あまり鼻からの距離にはこだわらなくてよい。図9は、被験者センサBOXに全てのセンサ・ケーブルが接続された様子である。これを最大3人の被験者にセットし、必要に応じて延長ケーブルを使った。

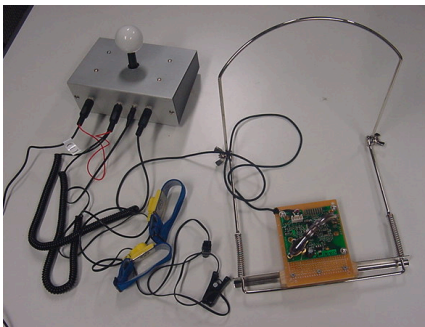


図 9 センサBOXと全てのセンサ
Figure 9 Sensor box and all sensors.

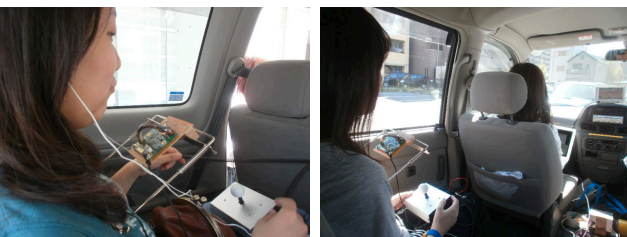


図 10 実験の様子
Figure 10 Experiments in a car.

図10は、実際にクルマの中で被験者にセットされたセンサ類の状況である。被験者はまず、ハーモニカホルダ(二酸化炭素濃度センサ)をかぶり、次に耳たぶ心拍センサ、両手首の電極を装着し、最後にインナーイアホンを装着

(左右を正しく確認)する手順とした。

心理学実験のためのオリジナル計測プログラムは、Max5の環境で開発し、助手席の実験助手の膝上のMacBookで走らせた。この詳細は後節の、上位互換で改良された第3段階の実験のところで紹介する。計測してテキスト形式のMIDIシーケンスデータとして記録される実験データは、第1段階の実験では3人の被験者のジョイスティック操作とCO2データ、そしてメインBox内の加速度センサからの「進行方向」「左右方向」の2つの加速度データであった。

実験結果データの分析については参考文献[21]の場で詳しく解説するが、ここでは計測されたデータを読み込み分析する、実験用の計測プログラムの画面とほぼ同様のデータを表示するオリジナル分析プログラム(Max5で開発)の画面情報から、第1段階の実験での被験者データのおよその様子について紹介する。

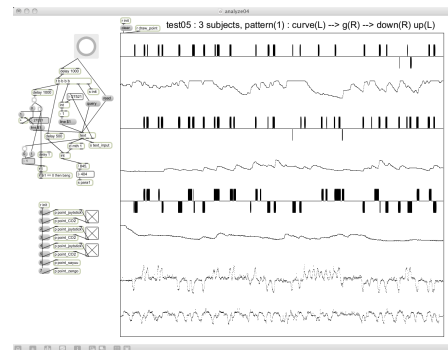


図 11 実験結果データtest05.txtの表示例
Figure 11 Example of data "test05.txt".

図11は、ある被験者の実験で記録した計測データ「test05.txt」を指定して読み込み表示させたスクリーンショットである。画面内のグラフは全部で8段あり、上から最初の2段が被験者(1)のジョイスティック(上)と二酸化炭素(下)であり、同様に被験者(2)の2段、被験者(3)の2段、と続く。下から2段目のグラフはメインBOX内の加速度センサによる左右の加速度、最下段は前後の加速度のデータである。サウンドの移動(音像の定位変化)に対応した左右方向の加速度センサだけでなく、前後方向の加速度センサのデータも計測・記録したことで、実験ロードマップと照合して、どのカーブの場所であるかが明確に特定できたことは重要で、分析のステップにおいて、被験者のジョイスティック動作の信憑性を推測・検討する手がかりとして非常に役立った。なお、実験結果データの分析・検討については参考文献[21]の場で詳しく解説するので本稿では省略する。

第1段階の実験は、2010年9月11-12日に、実験に関する同意誓約書(詳しくは参考文献[21]の場で解説)に同意した10人の被験者は18歳から22歳までの大学生(男子2名・女子8名)であった。自動車運転の経験者は10人中2人(いずれも女子)であった。実験終了後の自己申告で「酔った気がする」という者が1名、実際に吐くまで酔った者が1名いた。なお、実験助手の2人(1回生)はあらかじめ市販の「酔い止め」薬を服用して実験に臨んだ。実験は被験者グループごとに 順序効果を考慮して2回行った。実験にあたり被験者

に提示したのは以下のような条件の教示(全ての実験で共通)である。(1)これから2回、道路をグルグル回りながら音楽を聞いてもらいます。それぞれ数分間で(2)クルマが動きだしたら、終了してOKと言うまで目をつぶって下さい(3)イヤホンからの音楽は、クルマの移動とともに動きます。手元のジョイスティックを上下に動かして、クルマの移動とサウンドの移動についての印象判断を示して下さい。ジョイスティックの左右は関係ありません。連続量ではなくて単なるスイッチです(4)クルマの移動とサウンドの移動との関係が「良い/自然/効果的/気持ちいい」などプラスの印象であれば、その期間ジョイスティックを上を上げて下さい(5)クルマの移動とサウンドの移動との関係が「悪い/不自然/違和感あり/酔いそう」などマイナスの印象であれば、その期間ジョイスティックを下に下げして下さい(6)プラスでもマイナスでもない時には力を抜いて下さい。ジョイスティックは中央に戻ります

5. 第2段階の実験システムデザイン

第2段階の実験では、身体に加わる加速度とサウンド知覚との時間的関係の改善を目指し、筆者の「映像酔い」の研究[17]の考え方を参考に、実際のカーブに入るより時間的に先行して、助手席に座った実験助手のマニュアル操作によって、「これから移動する方向」に対応してサウンドの定位を変化させる事にした。

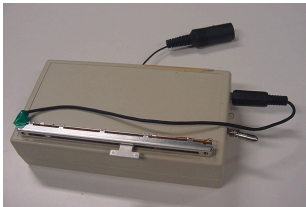


図 12 方向センサ
Figure 12 Direction sensor.

ここで新しく開発したのが図12の方向センサである。秋月電子・AKI-H8[12]を格納したケース上のスライドボリュームを助手席に座った実験助手が、自分が運転手になってハンドルを回すような想定で、これから右にカーブしようとする時に右に、これから左にカーブしようとする時に左に、直進区間では中央に、スライドボリュームのノブを手で移動させるようにした。これ以外の実験条件は第1段階の実験と同じである。

第2段階の実験は、2010年10月30-31日に行った。SUAC学生に対して募集をかけて、計20人のデータを取得した。なお、第1段階の実験の被験者と第2段階の実験の被験者は全て異っており、両方の実験に参加した者は1人もいない(第1段階の実験で酔って懲りたので、再度は応募しなかった、という話を複数の学生から聞いた)。実験被験者は、第1段階の実験の時と同じ同意誓約書に署名した上で実験に参加した。20人の被験者は18歳から22歳までの大学生(男子3名・女子17名)であった。自動車運転の経験者は20人中9人(男子2名・女子7名)であった。実験終了後の自己申告で「酔った気がする」という者は数名いたが、第1段階の実験のように実際に吐くまで酔った者はいなかった。

この実験結果データの分析・検討についても参考文献[21]の場で詳しく解説するので本稿では省略する。

6. 第3段階の実験システムデザイン

第3段階の実験では、第1/2段階の実験結果の検討から、前述の5点を目標として大幅に改良した実験デザインを行った。実際の運転情報から「身体に加わる加速度を時間的に先行して予測する(これでサウンドの定位を変化させる)」ために「車速」と「ステアリング(ハンドルの回転角度)」という2つの運転情報を計測することとした。車速を微分すれば加速度も計算でき、ステアリングを微分すればハンドルの角速度、さらに微分すればハンドルの角加速度も計算できるので、理想的には車速とステアリングのデータから「(左右方向の)加速度」を時間的にシフトしたようなデータがリアルタイムに生成できれば条件を満たす。



図 13 車速信号の取出し(左)とステアリングセンサ(右)
Figure 13 Wiring of speed sensor / Steering sensor.

センサ取り付けなどの改造が必要なため、第3段階では筆者の自家用車(マツダ・デミオ1300ccマニュアル車)を使用した。被験者は同時に2人しか乗れないので、実験のための被験者計測システム・メインBOXにある3チャンネルの被験者サブBOX入力2系統をそのまま使い、残り1系統の2チャンネルの入力を活用した。実験助手が抱えるジョイスティックによって2種類のパターン(左右方向の予測加速度とサウンド定位の移動方向との関係)を実験中にリアルタイムで切り替え、CO2センサに替えてステアリングのセンサ入力とした。スライドボリュームのMIDI入力が不要となるので、このMIDIセンサを車速センサに改造した。図13(左)は車内のハーネスから車速信号を引き出している模様、図13(右)はステアリング(ハンドル軸)に回転センサを圧着させるステアリングセンサを設置した模様である。

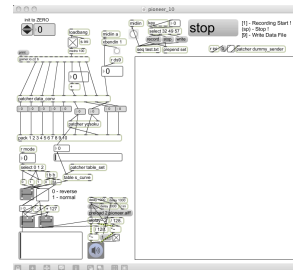


図 14 計測実験プログラムの画面例
Figure 14 Screenshot of original program.

図14は、第3段階の実験プログラムを起動した画面例である。この図ではスクリーン内のグラフ表示エリアが空白になっているが、実機で動作させた場合には、10本のグラフが時間的に刻々と横にスクロール表示される。それら

は、上から被験者の[ジョイスティックと呼吸データ]が2ペアで4段、続く5段目は助手席の実験助手が操作する「サウンド生成モード切り替えジョイスティック情報」、6段目は車速センサの情報、7段目はステアリング回転センサの情報、8段目は車速とステアリングから計算された「予測加速度(→サウンドの移動)」の情報、そして9-10段は「左右」「前後」の2つの加速度データ、のグラフである。

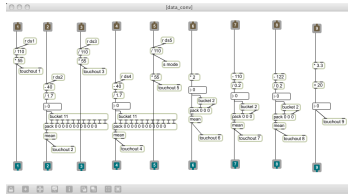


図 15 計測実験プログラムのサブパッチ
Figure 15 Subpatch of original program.

Gainerからのセンサデータと、MIDI経由で受信した車速センサデータに対して、ノイズ抑止のための積分(移動平均)や線形変換の操作を行っているシグナルコンディショニングのサブパッチを図15に示す。各センサの出力は、それぞれGainerの入力範囲の電圧フルスケールで振れているわけではないので、適宜スケールを補正するとともに、最終的にMax5でリアルタイムMIDI情報として記録するために各データを7ビット値に変換している。第1/2段階の実験で行ったように、被験者のCO2センサについては元々センサ本体のサンプリングが粗いので11段の移動平均処理を行っているが、ステアリングセンサと車内加速度のセンサについては、より高速に反応するために3段の移動平均とした。車速センサについては「毎秒のパルス数」のデータしか自動車から得られなかったため、移動平均を取らずそのまま使った。このデータは新しいデータで更新されるまでは常に呼び出して使用する。この運転情報から「予測加速度」を演算する部分、自然なサウンド定位のための変換テーブル等については参考文献[19]の場で詳しく解説したので、紙面の都合で本稿では省略する。

7. おわりに

自動車に乗って音楽を聴取する際の、身体に加わる加速度とサウンドの音像移動に関する嗜好を調査する心理学実験を行った。被験者の末端二酸化炭素濃度の変化計測という新しい手法を採用し、刻々とリアルタイムに印象評価を計測する新しい実験システムを開発することで、新しい知見を得ることが出来た。今後、機会があればさらに新しいテーマでも心理学実験をデザインしてみたい。

参考文献

- 1) 長嶋洋一, Art & Science Laboratory, <http://nagasm.org>
- 2) 長嶋洋一, 音楽的ビートが映像的ビートの知覚に及ぼす引き込み効果, <http://nagasm.org/ASL/beat/>
- 3) 野村恵里・木竜徹・中村亨弥・飯島淳彦・板東武彦, 生体信号から推定した映像酔いとそのきっかけとなった映像の動きベクトルの特徴, 電子情報通信学会論文誌D Vol. J89-DNo. 3, 電子情報通信学会, 2006.

- 4) 松田隆夫・大中悠起子, 「映像酔い」の自覚的評価とその誘発要因, 立命館人間科学研究 第9号, http://www.ritsumei.ac.jp/acd/re/k-rsc/hs/ningen/ningen_9/97.pdf, 2005.
- 5) 原澤賢充・椿郁子・繁樹博昭・松寄直幸・川島尊之・森田寿哉・伊藤崇之・齋藤隆弘・佐藤隆夫・相澤清晴, 映像の縦揺れ時間周波数が映像酔いに及ぼす効果, 映像情報メディア学会年次大会講演予稿集8-1, 映像情報メディア学会, 2004.
- 6) 松寄直幸・椿郁子・原澤賢充・繁樹博昭・川島尊之・森田寿哉・伊藤崇之・齋藤隆弘・佐藤隆夫・相澤清晴, 映像酔いに及ぼす動き予測の影響, 映像情報メディア学会年次大会講演予稿集8-2, 映像情報メディア学会, 2004.
- 7) 三代真美・中内茂樹・北崎充晃, 視覚性身体動揺に運動表面の奥行きが及ぼす効果-ベクションとの矛盾の検討, 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 30, No. 22, 映像情報メディア学会, 2006.
- 8) 大西邦光・大谷昌代・榊井文人・河合教夫・井須尚紀, 視覚対象物の可動性及び上下方向の認識が視覚性動揺病に及ぼす影響, FIT2006第5回情報科学技術フォーラム講演論文集F-026, http://www.ipsj.or.jp/10jigyo/fit/fit2006/fit2006program/pdf/F/F_026.pdf
- 9) 森本明宏・奥村友裕・日高教孝・朴丹・荒木佑介・榊井文人・河合教夫・井須尚紀, TV視聴時の車酔い低減対策, FIT2006第5回情報科学技術フォーラム講演論文集 LK-018, http://www.ipsj.or.jp/10jigyo/fit/fit2006/fit2006program/pdf/K/LK_018.pdf
- 10) 日高教孝・森本明宏・奥村友裕・朴丹・荒木佑介・榊井文人・河合教夫・井須尚紀, 呼吸終末二酸化炭素分圧による動揺病強度推定法を用いた車酔い低減技術の評価, FIT2006第5回情報科学技術フォーラム講演論文集K-057, http://www.ipsj.or.jp/10jigyo/fit/fit2006/fit2006program/pdf/K/K_057.pdf
- 11) 長嶋洋一, サウンドは映像酔いを抑止できるのか, 情報処理学会研究報告Vol. 2006, No. 90, 情報処理学会, 2006.
- 12) 長嶋洋一, サウンドによる映像酔いの抑止にむけて(1), 日本音楽知覚認知学会2006秋季研究発表会資料, 日本音楽知覚認知学会, 2006.
- 13) 長嶋洋一, サウンドによる映像酔いの抑止にむけて(2), 情報処理学会研究報告Vol.2006, No. 133, 情報処理学会, 2006.
- 14) 長嶋洋一, 映像酔いとサウンドによる抑止の検討, 静岡文化芸術大学紀要第7号, 2007.
- 15) 長嶋洋一, マルチメディア心理学実験において提示するサウンド素材の検討, 日本音楽知覚認知学会2007春季研究発表会資料, 日本音楽知覚認知学会, 2007.
- 16) 長嶋洋一, 2次元空間のサウンド知覚と音響素材の検討, 情報処理学会研究報告Vol. 2007, No. 81, 情報処理学会, 2007.
- 17) 長嶋洋一, サウンドの空間的予告による映像酔いの抑止について, 情報処理学会研究報告Vol. 2007, No. 127, 情報処理学会, 2007. <http://nagasm.org/ASL/paper/sigmus0712.pdf>
- 18) 長嶋洋一, 身体に加わる加速度とサウンドの音像移動に関する心理学実験, http://nagasm.org/ASL/paper/P_report.pdf
- 19) 長嶋洋一, 身体に加わる加速度とサウンドの音像移動に関する心理学実験報告(1/4), 電子情報通信学会ヒューマン情報処理研究会, 2012年5月発表予定(沖縄産業支援センター).
- 20) 長嶋洋一, 身体に加わる加速度とサウンドの音像移動に関する心理学実験報告(3/4), 時間学会全国大会, 2012年6月発表予定(立教大学).
- 21) 長嶋洋一, 身体に加わる加速度とサウンドの音像移動に関する心理学実験報告(4/4), 日本音楽知覚認知学会2012年度春季研究発表会, 2012年6月発表予定(九州大学).
- 22) <http://gainer.cc>
- 23) <http://akizukidenshi.com/catalog/g/gI-01425/>
- 24) <http://www.hana-eng.com/docu/down/CO2%20Engine-K21%20L0.pdf>
- 25) <http://nagasm.org/ASL/original/>