

操作主体感を失わない複数人同時操作システムの提案

北尾 太嗣^{†1} 平原 誠一郎^{†1} 太田 雅人^{†1} 荒木 智彰^{†1} Kim Alexander^{†2}
安藤 英由樹^{†1}

それぞれ異なる情報を持つ作業者同士が、お互いを補助し合いながら共通の作業を進めていく協調形態において、2人が1つの操作対象を同時に、なおかつそれぞれが操作主体感を失う事無く操作するシステムを提案する。我々は、提案するシステムの実現可能性を調べるため、1つのマシンを2人が時間的に操作者が切り替わる手法を用いたレースゲームを製作した。その結果、相手による操作が介入しているにも関わらず、主体感を失わずにマシンを操作可能であることが分かった。

Proposal the operating system that more than two people operate same object simultaneously and they experience the own sense of agency

TAKESHI KITAO^{†1} SEIICHIRO HIRABARA^{†1} MASATO OHTA^{†1}
TOMOAKI ARAKI^{†1} KIM ALEXANDER^{†2} HIDEYUKI ANDO^{†1}

In the situation that two people who have different information work together helping each other, we propose a new operating system that they operate one common operational object simultaneously and they experience their own sense of agency. We made the racing game that two players operate the same vehicle to check the realizability of the proposed system, and this is accomplished by using a time sharing system. We revealed that this operating system leads to them feeling like they are both always in control.

1. はじめに

複数人が同時にプレイするレースゲームなどにおいて、スタートの合図とともに各プレイヤーの操作マシンが一斉に走り出した時、実際の自分の操作するマシンではなく、他人の操作するマシンを操作していると思いついてしまった経験はないだろうか。この時、他人の操作するマシンを目で追いかけているにも関わらず、違和感なくゲームをプレイすることができたであろう。しかし、自分の操作入力と目で追っているマシンの動作が一致しなくなって違和感を感じた瞬間、別の場所で壁にぶつかって動けない自分の操作すべきマシンに気づくことで現実に戻されてしまう。

このような、他人の操作するマシンをまるで自分が動かしているかのように感じるこの不思議な感覚を、我々は運動主体感の融合感と呼んでいる。我々は、この運動主体感の融合を簡単に継続して体験することはできないだろうかと考え、本稿では、レースゲームを利用して、複数人が運動主体間の融合を継続して体験することができるシステムの提案を行う。

2. 本稿目的

人は普段、自分の運動を自分自身が行っているという感覚をもっており、これを運動主体感と呼ぶ。

一方で、他人の運動を自分の運動であると認識してしまうことがある。例えば複数人がプレイするレースゲームにおいて、途中まで他のプレイヤーのマシンを自分のマシンと思って操作した経験は無いだろうか？このとき、1つのマシンを2人が共に運動主体感を持って操作している状態が実現する。我々のチームではこの状態を運動主体感の融合とよんでいる。

運動主体感が融合しているとき、自分の操作によって操作対象物が運動していると思いつく。運動主体間の融合が起こりやすい状況は、先に述べたレースゲームのように時間的、空間的制約が存在し、部分的な目的（障害物をよける、など）および全体的な目的（コースに沿って走り、ゴールを最短で目指す）が共有されている場合である。例えば、障害物を避けるとき、避け方はある程度限定されるため、その際の操作入力はプレイヤーによらず、ほとんど同じになることが多い。そして、操作を行ったプレイヤーは、マシンが障害物を上手く避けてくれることを期待する。その結果、障害物を上手く避けたマシンの動作が例え他人の操作によるものであっても、自分の操作の結果であると考えられる。このとき、実際の自身の操作入力が障害物を避けるのに不十分であったとしても、“マシンが障害物を避ける”という目的の達成を視覚的に確認することが出来るため、心地よい達成感を得ることが出来る。しかし、多くの場合この状態は長くは続かず、障害物や壁にぶつかり、動けなくなっている(本当の自分の)マシンこそが自分の操作対象

^{†1} 大阪大学大学院
Osaka University
^{†2} Worcester Polytechnic Institute

であるという現実と向き合うことになる。

融合状態にあるとき、人は無意識のうちに他人と同時に1つのマシンを動かしていることになるが、互いに自分が操作しているつもりで動かすため、お互いの協調感はない。しかし、実際は互いの操作意図が一致していないと主体感は生まれない。つまり、融合状態においては、相手との非言語的な領域における協調度合いを確かめることになるのではないだろうか？表面上は性格が合わない2人であっても、無意識下では互いに協調しあうかもしれない。そこで我々のチームは、この主体感の融合状態をどうにかして継続して体験させることによって、真の協調とは何かを提示させることができないか、と考えた。

操作をおこなっているのは自分である、という運動主体感はどのようにして生まれるのであろうか。人は何らかの動作を行うとき、その動作の結果を予測し、実際の結果と照らし合わせることで運動主体感を得ていると考えられている。つまり運動主体感が融合している状態とは、他人の操作による動作の結果が、自分の操作による動作の予測とほぼ合致している状態のことであると考えられる。

我々は、1つの操作対象を複数人で、時間的に操作を切り替える時分割で操作することによって、運動主体感の融合感の継続を実現できないかと考えた。時分割で操作することにより、自分の操作の結果が一部反映されるため、予測と実際の運動の乖離を少なく出来るため、運動主体感を保ったまま操作出来るのでは無いだろうか。

本企画では、時分割による制御を用いた協調作業システムを構築し、複数人の体験者が操作しているにもかかわらず、すべての体験者に操作の主体感を維持した操作を体験させる事を目的とする。体験者は、主体感の融合とその持続によって、他人との協調が無意識のうちに実現してしまう驚きと、その不思議な感覚を十分に楽しむことができる。

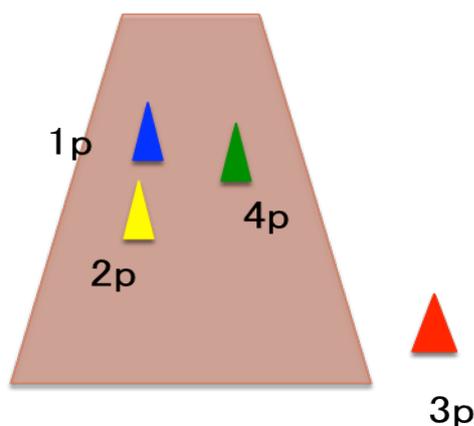


図 1 レースゲーム中でのよくある光景。

自分は1pを操作しているつもりでも、実際は3pを操作しており、マシンがコースアウトして初めて事実を知る。

3. システム構成

融合感を利用したレースゲーム

本企画では、二人の体験者（プレイヤー）が1つのマシンの操作を行うレースゲームを提案する。2人の体験者の操作は時分割され、それぞれの操作は一定時間ごとに交互に切り替えられてマシンに反映される。

ゲーム上では障害物や順路などを設定し、プレイヤーの操作を限定させる工夫を行う。これは、以下で述べる予備実験により、運動主体感の融合を実現するためには、体験者の操作をある程度限定しつつ、目的の達成のためにとれる操作に選択性を持たせなければならないということが明らかになったためである。また、操作する二人の間で、レース内容に関する情報に部分的な差異を生じさせることで、他人と融合しながらも上手くマシンを操作している快感を提示する。レース内容については第4章で詳しく述べる。

時分割による操作

本企画では、1つの操作対象を時分割によって操作することで、お互いの意思疎通がない状態の2人がそれぞれ継続した主体感を持ちながら操作することが可能ではないかと考えた。

時分割の操作とは、複数人の操作入力がある時間で区切り、交互に操作対象となるマシンに反映させることを指す。例えば、操作人数を2人（A、B）として時分割のタイムスライスを5秒ずつと定めた場合、初めの0~5秒の間はAが入力した操作がマシンに反映され、5~10秒の間はBが入力した操作がマシンに反映される。その後、10~15秒の間にはAの入力が反映されるように、以後これを繰り返す。

操作対象を時分割で操作することによって、自分の操作が一部反映され、その結果である対象物の運動を視覚的に確認することができる。自分が操作する時間においては、自分の操作に対して予想される結果と、実際に視覚的に得られた結果が一致するため、運動主体感を感じることができる。一方、他人が操作している時間においては、自分の操作に対する予想と実際の結果が異なる可能性が生じる。しかし、時分割の周期を十分に小さくした場合、その差異も小さくなることから、差異を無視することができると考えられる。また、体験者が差異を認識したとしても、マシンが自分の期待する目的の達成（例：目の前の壁を避ける）に沿ったおおまかな動きをしていれば、その差異をマシンの動作特性や単なるゲームの操作性の悪さであると思いつみ、自分とは別の操作主体の存在を感じることはないと考えられる。

時分割で重要となってくるのが分割の周期の問題である。分割周期が長い場合、自分の操作が反映されない時間が必然的に長くなるため、主体感を失いやすくなる。逆に短くしすぎると、自分の操作の結果が反映される時間が短くな

るため、2人の操作意図が大きく異なる場合、マシンの動きが不自然になる可能性がある。

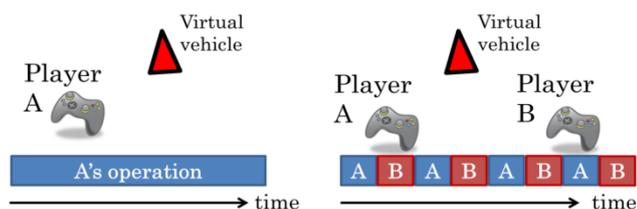


図 2 時分割の概要図

予備実験

予備実験として簡単なレースゲームを作成し、2人で1つのマシンを時分割によって操作を行った。この実験では、体験者がどのように運動主体感の融合を感じるのかを調査した。時分割の時間は0.1秒程度に設定した。

まず、前方に障害物やカーブなどが存在し、マシンの進行方向に制約があるような場合の検証を行った。この場合は体験者の操作も限定されることにより、2人の体験者はほぼ同じ操作を行ったため、両体験者とも主観的に、違和感なくマシンに主体感を持ち続けたまま操作することができた。

次に、障害物のような操作を限定する要因がない場合の検証を行った。この場合、それぞれの体験者が自由に操作を行えるため、各体験者の操作が競合を起こしてしまい、主体感を違和感なく継続して持てたとは言えない状況であった。また、片方の体験者の操作から受けるマシン操作の抵抗感を、ゲーム本来のマシンが持つ加速度や摩擦などの抵抗感として感じるがあった。そこで、加速度や摩擦、ノイズなどを利用してマシンの操作性能を最初から落として実験したところ、主体感を失わずに操作することが可能であった。

また、中央の設置された障害物などによって左右どちらに避けるかなどといった選択制のある操作が求められる場合の検証も行った。この状況でお互い別々の操作をして避けようとした場合、初めは先に操作を開始した体験者の操作方向へマシンが流れたが、お互いが操作を始めると、マシンはその場にたたずむような動作を行った。体験者は途中で、マシンが何らかの抵抗を受けて操作がうまくいかないことに気づき、接近する障害物にぶつからないようにマシンの位置に近い回避方向へと操作を変更した。これは、先に避ける操作を行った体験者の意思が、もう一方の体験者の操作に組み込まれたものであると解釈することができる。

これらの実験より、体験者の操作がある程度限定され、操作目的を持ったコンテンツの必要性が示唆された。しかし一方で、操作主体としての他人を認識した上で操作を行うことによる“操作対象の動きを通した意思の疎通”の可能性も生まれた。体験者の操作意図がある程度限定される

が、選択性も失われない状態（例：障害物を右に避けるか、あるいは左に避けるか）において、他人による操作の結果（マシンの動き）から他人の操作意図を判断し、自分の操作意図を相手と合わせることが考えられる。この場合は、他人と共に時分割で操作しているという事実をお互いが認識していることが前提ではあるが、自分の操作入力とマシンの動きがある程度一致することとなり、結果として運動主体感自体は失われない。またこの場合、作業に関する知識の程度に関して操作する二人の間で格差があった場合（例：一方はマシンの特性をより正確に理解しており、より適切な操作を選択できる）、一方が他方を操作によって誘導することが出来ると考えられる。これを利用することで、他人と融合して操作することにより、互いの知識を共有させながら作業を進められるコンテンツが実現可能であると考えた。

デモ概要

本企画の体験者数は1回のデモにつき2人である。1回のデモ時間は、約1~2分を想定する。レースゲーム全体の制御は1台のPCによって行う。ゲーム画面として2つのモニター用意し、体験者ごとに別々のモニターを割り当てる。また、会場全体用として2つのモニターの画面それぞれの情報が表示される1つの大きなスクリーンを用意する。体験者は、もう片方の体験者に割り当てられたゲーム画面を確認することは出来ず、またお互いの意思疎通も禁止される。各体験者は入力装置としてゲームコントローラを使用し、ゲーム内に表示される操作対象（マシン）の操作を行う。

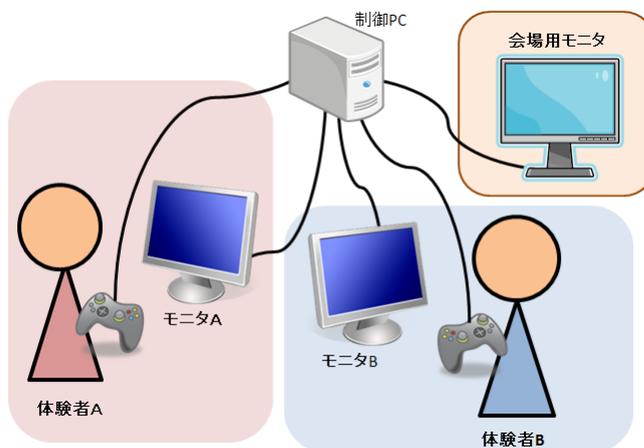


図 3 会場でのデモ概要図

4. アプリケーション内容

・2画面の表示情報の格差の設計

各体験者に割り当てられる2つのモニターの表示内容はほぼ同じであるが、それぞれが持つゲーム内の情報が少し異なるように表示画面の設計をする。例えば、片方の体験者の画面では前方に壁や落とし穴などの障害物が表示されているが、もう片方の体験者の画面には表示されない。しか

し、体験者が操作するマシンが壁や落とし穴などの障害物に接近した時には、障害物が表示されていなかった画面にも障害物を急に出現させるようにする。こうした状況下においては、障害物の情報が事前に分かっている体験者はその障害物を避けようとして、事前に避けるような操作を行う。一方で、マシンが障害物に接近した時に障害物の情報を受け取った体験者は、早急に障害物を避ける操作を行う。このとき、事前に障害物が分かっていた体験者の操作によって、既にマシンは障害物を回避できる位置、もしくは回避しやすい位置に移動していると考えられ、高確率で障害物を避けることが可能である。実際には、事前に障害物の情報を知っていた体験者の操作が大きく反映された結果の回避であるが、事前に障害物の情報を受け取らなかった体験者は運動主体感を持っているため、自分の操作で障害物を避けたという達成感や爽快感が得られると考えられる。

・一方の体験者の操作が反映されたマシンの表示

ゲーム画面には操作対象となるマシンの他に、もう一台マシンを用意する。このマシンは自分ではなく、一方の体験者の操作入力が直接反映されたマシンであり、2つの画面では異なった動作を行う。もし、それぞれの体験者が自分の操作するマシンの動作に違和感を感じた場合には、自分の操作するマシンを定めるため、相手の操作が直接反映されたマシンと、実際の操作対象のマシンを自分の操作と照らし合わせて比較すると考えられる。その結果、操作対象のマシンの動作が自分の操作により近いと感じ、自分の操作によって動作しているという錯覚を起こすことで操作対象となるマシンに対する運動主体感が失われにくくなると考えられる。

・操作対象のマシンへの抵抗感の付加

マシンの操作には、予備実験の結果に基づいて、加速度やノイズ、摩擦といった抵抗を与える。2人の体験者は、時分割によって交互に操作を行うため、1人でマシンを操作する時と異なり、もう片方の体験者の操作入力は自分の行う操作の抵抗として感じられる。例えば、2人の体験者が同じ操作をした場合、マシンは操作方向に素早く移動する。真逆の操作をした場合には、マシンはその場にとどまるような動作を行う。このように、この抵抗は不規則なものであるため、片方の体験者の操作入力に起因する抵抗を感じることで体験者の運動主体感が失われやすくなる。そのため、予備実験の結果にあったように、通常時にも加速度やノイズ、摩擦などの抵抗感を与えることで、片方の体験者の操作から生じる抵抗の感覚を和らげることができなかと考えた。

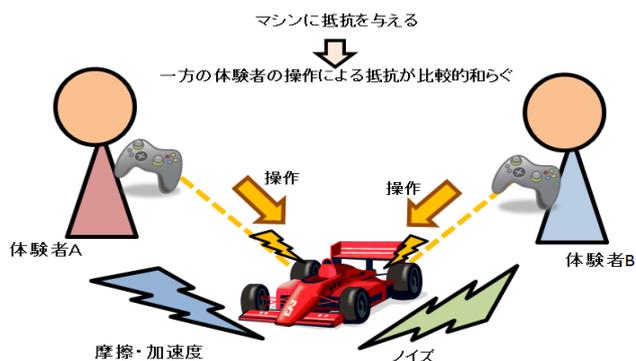


図4 さまざまな抵抗感の付加

・操作対象以外への注意の誘導

操作するマシンに注意が向き過ぎることにより、マシンの動作に違和感を感じてしまい、運動主体感が喪失してしまうことを防ぐため、順路や障害物などといった、操作するマシンを取り巻く環境に体験者の注意を向けるように設計を行う。具体的には、単調な背景や障害物を排除して、移り変わっていく順路や背景、体験者にインパクトを与えるような障害物を設置する。しかし、操作するマシン以外に注意が向き過ぎてしまった場合、マシンを操作しているという主体感自体が失われてしまう可能性があるため、どの程度マシンに注意を向かせるかといった調整を行う。

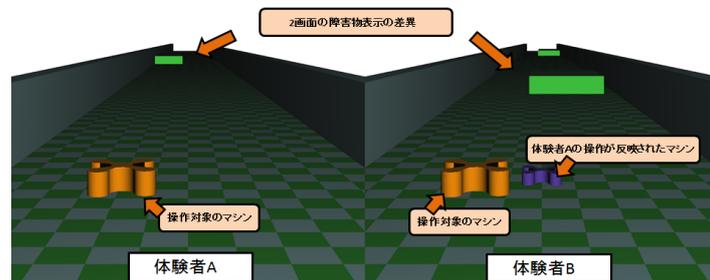


図5 実際のゲーム画面

5. おわりに

本稿では、レースゲームを利用して、運動主体感を失わずに複数人が同時に操作できるシステムを提案した。本稿では、レースゲームに限定した提案を行ったが、今後、このシステムに汎用性を持たせることで、さまざまなコンテンツにおいて運動主体感を持続させることが可能であると考えられる。