Leap Motion を用いたカロムの遊び支援システム

辻村美里[†1]　曽我麻佐子[†1]

概要：本研究では，カロムというビリヤードとおはじきを組み合わせたような遊びに興味を持ってもらうことを目的とし，Leap Motion を用いてカロムをインタラクティブに遊ぶことができるシステムを開発した．ユーザは玉を弾くジェスチャを行うことで，仮想空間内の玉を弾き飛ばすことができる．ユーザのジェスチャから玉の速さと向きを算出し，シミュレーションにより他の玉との衝突を再現する．また，ポイントの加減算，ミスに応じたペナルティの処理等のルールも導入してあり，ユーザはカロムの細かいルールを知らずとも遊べる．

1. はじめに

近年，家庭用ゲーム機やデジタル技術の発展により電子的な遊びが増え，伝統的な玩具で遊ぶ機会は少なくなっている．また，ビリヤードや将棋など昔から存在する遊びを電子化し，インターネット上で手軽に対戦して遊ぶことができるようになった．高価な遊び道具を用意せずともインターネットに繋がれば手軽に遊べ，また遠方の人とも対戦が楽しめるようになっている．

そこで本研究では，カロムというビリヤードとおはじきを組み合わせたような遊びに興味を持ってもらうことを目的として，Leap Motion を用いて手指の位置をトラッキングすることでカロムをインタラクティブに遊ぶことができるシステムを開発した．

昔の遊びをデジタル化したシステムとして，コマ遊び体験を拡張する遊具システム[1]や，加速度センサを用いたインタラクティブな福笑いゲーム[2]などがある．これらの研究ではデジタル技術を使用し，昔の遊びをアレンジした新しい遊びを提案している．Leap Motion を用いて遊びの支援や文化体験をするものとしては，VR 技術を用いることでいかさまを行える麻雀ゲーム[3]や神社参拝体験システム[4]などがある．これらの研究では既存の遊びにジェスチャ入力を用いることで新しい面白さの演出や文化の理解促進を目指している．本研究では，システムを体験することで実際のカロムに興味を持ってもらえるように促すことを目的としているため，遊び自体のアレンジはせずに既存のカロムのルールを忠実に再現する．実際に近い感覚で遊べるようにすることでカロムの面白さを体験できるようにすることを目指している．

2. カロムの遊び支援システム

2.1 カロム

カロムは滋賀県彦根市を中心とした地域で遊ばれているビリヤードとおはじきを組み合わせたようなゲームであり，図 1 に示すような盤を使用する．一般的に 1 対 1 または 2 対 2 で遊ぶことができ，ストライカーと呼ばれる玉を弾いてパックと呼ばれる玉に当て，パックを 4 隅のポケット（穴）に落としていき，先に自分のパックを全部落としてからジャックと呼ばれる玉を最後に落とすと勝ちとなる．また，玉を盤外に弾きだしたり，ストライカーを穴に落としたり，ジャックを最後以外に落とすとミスとなり，すでに落としたパックを盤上に戻すというペナルティが課される．この時，戻すパックが複数個の場合は図 1 の中央のジャックが置かれている場所に積み重ねて置く．

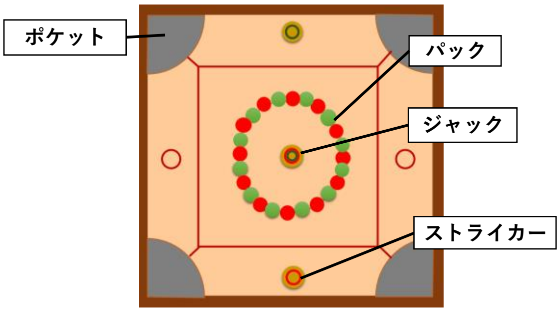


図 1　カロム盤と玉の種類

2.2 システム概要

本研究では，Leap Motion を用いることでカロムをインタラクティブに遊ぶことができるシステムを開発した．図 2 に本システムの実行例を示す．本システムでは Leap Motion で手指の位置座標を取得し，仮想空間内の手の CG モデルにその動きを反映させて操作する．ユーザは図 2 に示すように玉を弾くジェスチャを実際に行うことで仮想空間内の玉を弾き飛ばすことができる．システムはユーザのジェスチャから玉が動く速さと向きを算出し物理シミュレーションにより他の玉との衝突を再現する．

システムには「玉を弾く・玉の弾く位置を決める・玉を動かせない」の 3 つのモードがあり，基本的にジェスチャ入力で操作できる．図 3 は弾く以外のジェスチャの例である．「玉の弾く位置を決める」モードの時に，図 3(a)のように手を握り左右に動かすことで玉を弾く位置を変更でき，図 3(b)のように手を上向きにして握るジェスチャを弾かない側の手で行うとモードを切り替えることができる．

†1 龍谷大学

© 2019 Information Processing Society of Japan

また，穴に入った玉の種類に応じたポイントの加減算，ミスに応じたペナルティの処理などのルールも導入してあり，ユーザはカロムの細かいルールを知らずとも遊べる．さらに，本システムはネットワーク対戦に対応しており，遠方の人ともカロムを楽しむことができる．

図 2　システムの実行例と玉を弾くジェスチャ

(a)弾く位置の変更　　(b)モード切り替え

図 3　弾く以外のジェスチャ

2.3　システム構成

図 4 にシステムの構成図を示す．各プレイヤーのシステムは PC と Leap Motion で構成される．開発環境は Unity を使用し，ネットワークで対戦を行うために Photon Server を利用する．本システムでは最初にゲームに接続したプレイヤーがホストとなり，ポイントの加減算とターンの管理を行う．クライアントは玉が動いた時に，動いた玉の位置情報を Photon Server を介して他のクライアントに送信し，玉が落ちた，盤外に出たなどのイベント発生時にその情報を Photon Server を介してホストに渡す．ホストはポイントの管理，ペナルティの処理，ターン変更を行い，その情報を対戦しているクライアントに送信する．クライアントは自分のターンの時に Leap Motion からユーザの手指の情報を取得し，ジェスチャ認識を行う．相手のターンの時は相手が弾き終わるまで待機する．ストライカーが弾かれすべての玉の CG アニメーション制御が完了した後，クライアントはホストからのイベント情報を反映する．

3.　弾くジェスチャによる CG 制御

3.1　処理の流れ

本システムでは，玉を弾くジェスチャを行うことで仮想空間内の玉を弾く．現在のところ弾く指は人差し指のみに限定しているが，弾く手は設定画面から任意に変更できる．図 5 にジェスチャ認識から CG 制御までの処理の流れを示す．システムは「玉を弾く」モードの時に，弾くジェスチャを認識する．その後，仮想空間内に表示された手の CG オブジェクトがストライカーに衝突した場合，速さと向きを算出し，それをストライカーに反映させ他の玉との衝突等のアニメーション制御を行う．ストライカーと手のオブジェクトが衝突しなかった場合は弾くジェスチャの認識をやり直す．

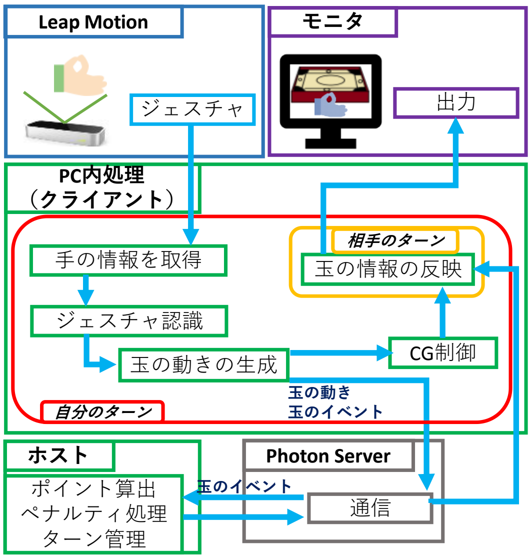


図 4　システム構成図

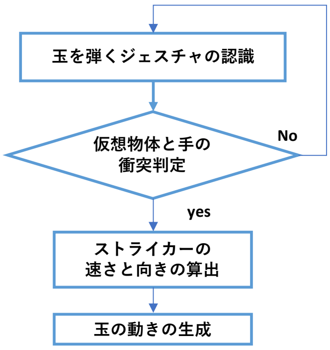
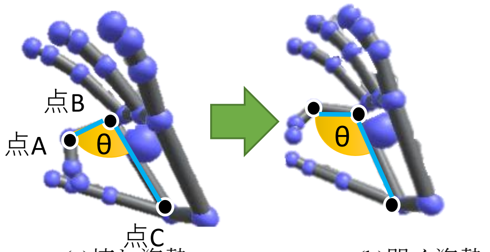


図 5　弾くジェスチャによる CG 制御

3.2　玉を弾くジェスチャの認識

図 6 に示すように親指と人差し指で摘む姿勢から開く姿勢への遷移を認識すると，玉を弾くジェスチャが行われていると判定する．まずシステムは図 6(a)に示す摘む姿勢をしているかを判定する．Leap Motion で取得した人差し指の点 A（第二関節）と点 B（第三関節），中手指節関節の点 C の 3 点の位置座標から，人差し指の第三関節の角度 θ を内積で求め，その角度 θ がある閾値未満ならば摘む姿勢をしたと判定する．摘む姿勢の判定をした後に角度 θ がある閾値以上に変化した場合，図 6(b)に示す開く姿勢をしたと判定し，玉を弾くジェスチャとして認識する．



(a)摘む姿勢　　(b)開く姿勢

図 6　玉を弾くジェスチャ

3.3 仮想物体と手の衝突判定

玉を弾くジェスチャの認識後，図 7 のように仮想空間内のストライカーの CG オブジェクトに人指し指の CG オブジェクトが衝突したかを判定する．衝突判定は Unity の物理シミュレーションを利用する．ストライカーと人差し指の衝突範囲は手の人差し指の CG オブジェクトと同じ大きさである．衝突した場合はストライカーの速さと向きの算出を行う．衝突しなかった場合は，人差し指の指先と親指の指先の距離を求め，その距離が前フレームのものよりも短くなった時に玉を弾くジェスチャの認識をやり直す．

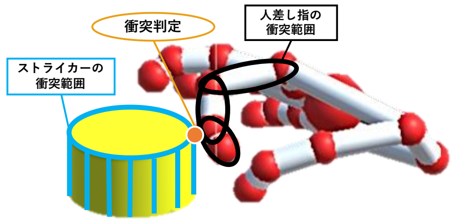


図 7　ストライカーと人差し指のオブジェクトの衝突

3.4 ストライカーの速さと向きの算出

ストライカーと人差し指のオブジェクトが衝突した場合，図 8 のように人差し指の指先の現フレームの位置P_fと前フレームの位置P_{f-1}の距離とフレーム間の時間の変位量から，瞬間の速さとベクトル$\overrightarrow{P_f P_{f-1}}$を算出する．玉は盤上で動かすのでベクトルの鉛直方向の成分を 0 にしている．速さを玉の動く初速度，ベクトルを玉の動く向きとしてストライカーの動きを生成する．

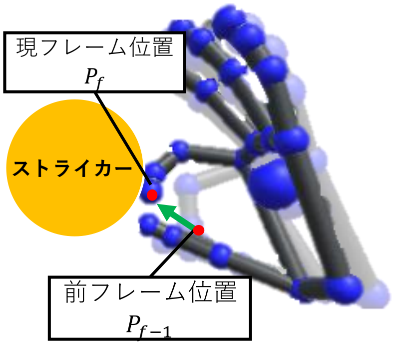
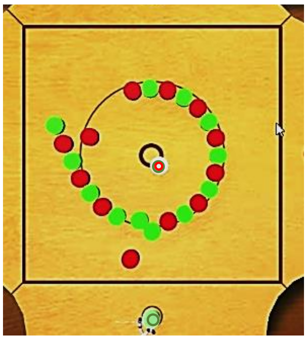


図 8　瞬間の速さと向きの算出

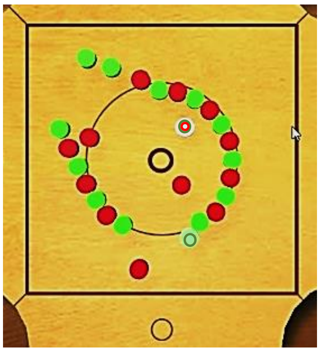
3.5 玉の CG アニメーション制御

3.4 で算出したストライカーの速さと向きを使用して弾いた後の玉の動きを生成し，動きの生成には Unity に搭載されている物理シミュレーションを使用した．玉（ストライカー，パック，ジャック）とカロム盤に静的摩擦と動的摩擦，弾性係数をそれぞれ設定した．実際のカロム盤と玉の素材は木であり，カロムの玉同士が衝突した時の動き，玉が壁に衝突した時の動きに近付くように摩擦と弾性係数を調節した．図 9 は玉を打つ前と打った後の玉の CG アニメーションの例である．

また，図 10 のようにペナルティとしてパックを盤上の中央に積み重ねて置く場合，積み重ねたパックが摩擦や弾性係数によって勝手に崩れないように物理シミュレーションを一旦休止させるようにした．パックに玉が衝突すると物理シミュレーションが再開される．



(a)ストライカーを弾く前



(b)ストライカーを弾いた後

図 9　玉のＣＧ制御

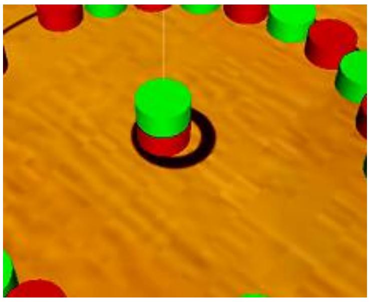


図 10　ペナルティによるパックの積み重ね

4. 評価

4.1 評価方法

開発したシステムのコンセプトの有用性と操作性を評価するために 21 人に対して評価実験を行った．初めに本シ

© 2019 Information Processing Society of Japan

ステムの目的と概要，操作方法について説明を行いながら操作を見せた．次に，被験者に仮想空間内のストライカーを数回弾く体験をしてもらった後にアンケートに回答してもらった．被験者の内訳は高校生 3 名，大学生 9 名，20 代 5 名，40 代 2 名である．

操作性に関する項目として，(1)弾かれた玉の向きが適切だったか，(2)弾かれた玉の速さが思った速さだったか，(3)弾くジェスチャ入力はやりやすかったか，(4)モード切替えのジェスチャのやりやすかったかを 5 段階で評価してもらった．(2)は 3 に近いほど適切であり，他は 5 に近いほど評価が高い．また，システムを体験した後にカロムに興味を持ったかを 3 段階で，システムの改善点については自由記述で回答してもらった．

4.2 結果と考察

体験前のカロムの知識については，21 人中遊んだことがある人が 7 人であり，聞いたことはあるが詳しく知らない人が 5 人，全くカロムを知らない人は 10 人であった．

カロムに興味を持ったかという質問に対して，「特に変化はなかった」が 4 人，「少しカロムに興味を持った」が 12 人，「興味を持った」という回答が 5 人だった．このうち「特に変化がなかった」と回答した人は 4 人ともカロムを遊んだことがある人であった．80%がカロムに少しでも興味を持ったと回答したため，本システムはカロムの興味喚起に効果があることが示された．

システムの操作性に関する 5 段階評価の結果を図 11 に示す．(2)の弾かれた玉の速さは，「3：適切だった」の評価が 43%，「4：少し遅かった」が 24%，「5：遅かった」が 5%と少し遅いと感じた人が多かったものの適切な速さだと言える．(4)のモード切り替えのジェスチャのやりやすさについては，「4：まぁまぁやりやすかった」と「5：やりやすかった」という評価が合わせて 67%であり操作はやりやすかったと考える．

(1)の弾かれた玉の方向の平均は 2.5 であり，思った方向に飛ばないと回答した被験者が多かった．これは，向きを算出するときに使用した指先の位置が不適切であったのではないかと考える．このことから，向きを安定させるために人差し指の位置からストライカーの中心に向かって飛ばすようにするなど算出方法を再検討したい．また，(3)の弾くジェスチャについての平均は 2.4 であり，弾きにくかったと回答した被験者が多かった．これは玉と手の衝突範囲が小さくなかなか当てることが難しかったのと，弾くジェスチャ認識ができず何度もやり直しなっていたためだと考える．

その他の改善点として，カロムのルールを画面上に表示すると初心者でもわかりやすいのではないか，玉がどの向きに弾かれるか分かりづらいので可視化したらどうかという意見があった．

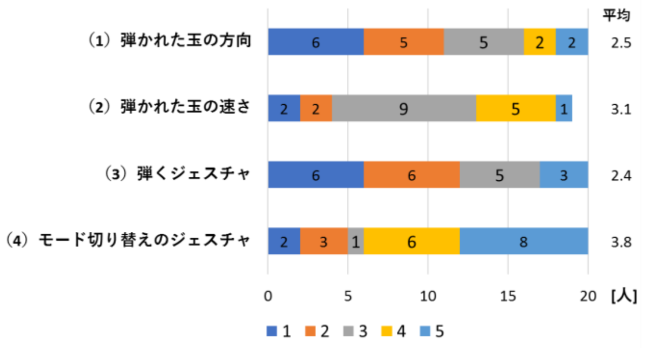


図 11 操作性に関する評価の結果

5. おわりに

本研究では，カロムへの興味喚起を促すとともに気軽にインタラクティブにカロムを体験してもらうことを目的としたシステムを開発した．Leap Motion で手指の位置情報を取得し，実際に弾くジェスチャをすることで仮想空間内の玉を弾けるようにした．

本システムを 21 名に体験してもらいシステムのコンセプトの有用性と操作性について評価してもらった．その結果，評価から本システムはカロムという遊びの興味喚起に効果があるが，弾くジェスチャの認識と玉の動く向きについて課題があることが分かった．

今後の課題としては，弾くジェスチャの認識率を向上させるための改良点として，衝突判定の範囲の拡大，玉の動く方向の算出方法の再検討，人差し指以外の指への対応などが挙げられる．

謝辞
本研究の一部は，JSPS 科研費 17K01213 の助成によるものである．

参考文献

[1] 的場やすし，佐藤俊樹，小池英樹．コマ遊びの体験を拡張する遊具システム．情報処理学会論文誌，2012，Vol. 53，No.3，pp.110-118.
[2] 阿部裕太，臼井奎太，根本翔太，串山久美子．加速度センサを用いたインタラクティブな福笑いゲームの提案．情報処理学会インタラクション 2018 論文集，2018，pp.759-762.
[3] 石井拓斗，成見哲．Leap Motion を用いて VR でイカサマを行える麻雀ゲームの提案．情報処理学会エンターテインメントコンピューティングシンポジウム 2018 論文集，2018，Vol.2018，pp.28-30.
[4] 市原泰貴，曽我麻佐子．HMD と Leap Motion を用いた神社参拝体験システム．情報処理学会インタラクション 2016 論文集，2016，pp. 442-443.

© 2019 Information Processing Society of Japan