チーム対戦テーブルトップ型シリアスゲーム Line Ho!ckey の開発

武田　智裕[†]　　古市　昌一[†]

本論文では，複数の子供達がゲームを通して社会性や協調性を学ぶことを目的として開発したシリアスゲーム Line Ho!ckey の設計コンセプトと，試作と評価を経て実施した改良内容を報告する．Line Ho!ckey は 4 人が 2 人 1 組に分かれ，チームメンバが協調してテーブルトップ上に指をタッチしてラインを描画し，移動を行うことによってボールを弾いてゴールを狙う，チーム対抗で行うホッケー型のゲームである．協調して操作しなければラインは描画されず，ゲームに勝つことができないという特長がある．シリアスゲームはゲーム内でのゴール（結果）よりも，ゲーム外でのゴール（能力等の取得等）を主目的としたコンピュータゲームのことで，Line Ho!ckey においては，協調した操作の実現方法に工夫した．本開発により得られた成果は，今後子供達で発生している様々な社会的な問題解決への活用が期待される．

Line Ho!ckey, A Cooperative Team Playing Serious Game

TOMOHIRO TAKEDA[†]　　MASAKAZU FURUICHI[†]

This paper describes a development of table-top type cooperative team playing serious game system called Line Ho!ckey. This game is designed to be used for children who are lack of sociability or cooperation to educate those concepts and the importance by using computer game. Line Ho!ckey is a kind of a hockey game on a table-top, played by 4 children in two groups, each group consists of two children. Each players touch on top of a table using their fingers to draw a line and to move it to hit a moving ball. However, a line is drawn only when team members are cooperatively behaving. Serious game is a computer game which is aimed to be used to achieve a goal in a real-world, not in a game world. In the design process of Line Ho!ckey, we have focused how to achieve cooperative work of children by simple finger touch and move actions of two children. The process and result of this study are applicable to design serious games to solve other social problems happening around children.

1.　はじめに

近年，子供達の“ひきこもり”や“自閉症”等，子供の発育に関する様々な問題が発生しており，小学生のいじめや校内暴力等を減少させるための取り組みが，社会から要求されている．これら問題点の背景には，子供達のコミュニケーション能力（協調性・社会性）の欠如があると考えられる．元来，子供のコミュニケーション能力は，家庭及び学校等の教育現場や，野球や卓球等のスポーツを通して，他人を理解し助け合い，同じ目標に向かって物事を進めることで培われてきた．

協調性や社会性の乏しい人のサポートを目的とし，公的機関である精神保護福祉センターや保健所，民間団体の共同生活施設，フリースペース，親の会等が増えている．しかし，コミュニケーションの基礎能力の獲得は，成人期よりも少年期においての方が効果的であると考えられ，主として子供達を対象とした協調性や社会性の教育方法の確立や，それらを支援する手段の実現は重要な課題であると考えられる．

子供達を対象とする場合に重要なのは，モチベーションを維持するための効果的な方法を考えることである．参考となるのは，遊びとして広く普及している“ゲーム”である．一般的にゲームは多くの子供に受け入れられていると考えられ，プレイヤのモチベーション向上と持続に効果がある他，友人関係の構築にも効果があると考えられる．ゲームには，カードゲーム等コンピュータを利用するものと，専用の機器や PC 等を利用するコンピュータとがあるが，本論文では以後後者を対象として考える．

市販されているゲームの多くは，エンターテインメントを目的としている．一方，教育や医療，訓練をはじめとする社会の諸問題の問題解決へのゲームの応用が期待されており，このような目的のゲームはシリアスゲームと呼ばれる．シリアスゲームは，ゲーム内でのゴール（結果）よりも，ゲーム外でのゴール（能力の取得，諸問題の解決等）を目的としており，今後様々な分野での普及が期待されている．

本研究では，子供達が協調性や社会性を学ぶことを目的として開発したシリアスゲーム Line Ho!ckey に

† 日本大学大学院 生産工学研究科 数理情報工学専攻
Graduate School of Mathematical Information Engineering, College of Industrial Technology, Nihon University

ついて述べる．特徴は，大型のマルチタッチ機能とユーザ識別機能を有するテーブルトップ型 HMI を利用することにより，指を使った単純な操作でチーム協調型対戦ゲームを実現した点である．Line Ho!ckey は，フィールド（ゲームステージ）上のボールを 2 人のチームメンバが協調してラインの始点と終点とを動かしてボールを弾き，ゴールに入れてチーム対抗で得点を競う（図 1）ゲームである．

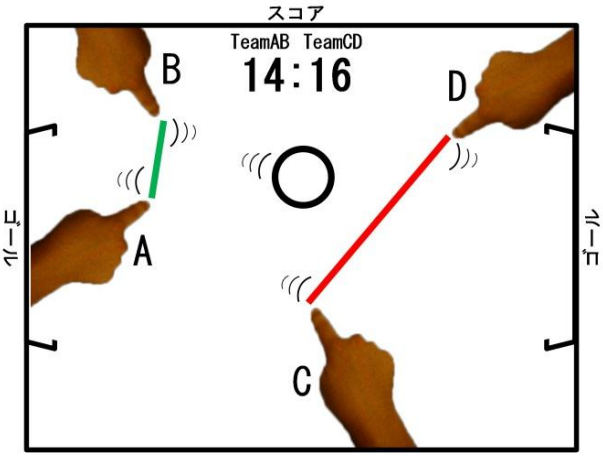

図1 Line Ho!ckey の使用イメージ

本稿では，Line Ho!ckey の開発に至った背景，設計コンセプト及びシステム構成を説明した後，試作システム Line Ho!ckey1.0[1)]について述べる．続いて，Line Ho!ckey1.0 を体験した人たちの評価を受けて改良した Line Ho!ckey2.0 について報告する．

2. 関連研究

本研究に関連する既存技術として，複数人でプレイするのコミュニケーション要素のあるゲームについて説明する．

まず，インターネットを介して行われる多人数同時参加型オンライン RPG（MMORPG）が考えられる．代表的な MMORPG としては，“ファイナルファンタジーXI”や“ウルティマ オンライン”等が挙げられる． MMORPG は，ゲームが提供する仮想空間上に，異なる場所にいる複数のプレイヤが参加し，チャットシステムを用いて，文字や音声によるコミュニケーションを行うのが特徴である．参加者同士はネットワークを介したコミュニケーションを行うとともに，文字や音声に限定したコミュニケーションを行う．また，参加者は匿名で参加することができ，素性を隠したまま参加する点が，現実世界におけるコミュニケーションとは異なる．従って，協調性や社会性を学ぶための方法として用いるには適切でないと考えられる．

次に，参加者が同一の場所で実施するゲームについて説明する．このようなゲームとしては，“カードゲーム”や“格闘ゲーム”等が挙げられる．これらは対応の即時性や，その場でなければ感じることができない場の空気のようなものが重要であるため，参加者が同一の場所に集まる必要がある．しかし，これらのゲームは基本的に 1 人対 1 人で対抗する形式であり，協調性や社会性を学ぶための手段として用いるには適切でないと考えられる．

同一の場所で複数人が同時にゲームを行う例として，テーブルトップ型 HMI を利用したものがある．テーブルトップ型 HMI とは，大型のタッチパネルをテーブル状に配置して利用するインタフェースのことで，複数人でテーブルを囲んで大きな画面を共有して利用することが特徴である．

このようなインタフェースとして代表的なのは，テーブル上の指または物体を認識することを特徴とする，マルチタッチに対応した“Microsoft Surface[2)]”や，マルチタッチに加えて指のタッチによるユーザ認識機能を備えた“DiamondTouch[2,3,4)]”等がある．

Microsoft Surface を用いたゲームには“Dungeons & Dragons[5)]”等がある（図 2）．各プレイヤには，担当するキャラクターとなるコマが与えられ，Surface 上のマス目のどこに進み，どういったアクションを行うかを決めてゲームを進行していく．コマの裏側にコマを識別するチップが付けられ，コマの動きと指のタッチによりゲームを進行する．指のタッチによる操作の際，誰が触れたかは認識できないため，コマの操作も含めて他人を邪魔するような操作を許容し，協調性や社会性を学ぶためには適していないと考える．

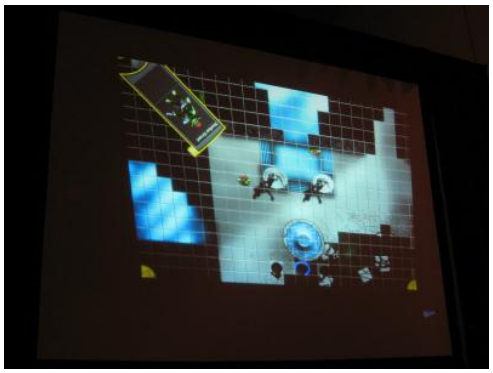

図2 Microsoft Surface を用いた Dungeons & Dragons
(出典：参考文献 [5)]より引用)

DiamondTouch を用いたゲームには“RealTimeChess[6)]”等がある（図 3）．本ゲームでは，ユーザ識別機能を用いることによって操作可能なコマの限定を実現している．しかし，複数人が同時にチェスで戦うことを目的としており，各ユーザが敵同士で

あることから，協調性や社会性を学ぶ目的には適していないと考えられる．

図3 RealTimeChess(出典：参考文献[6]より引用)

3. Line Ho!ckey の設計コンセプト

我々の研究目的は，子供達に対して協調性や社会性を学ぶことができるシリアスゲームの開発である．先述した通り，シリアスゲームはゲーム内でのゴールよりも，ゲーム外でのゴールを目的としたコンピュータゲームで，医療・福祉・学校教育・政治・公共政策・職業訓練等での活用が期待されている．

シリアスゲームを子供達の教育に利用する長所として，藤本によると以下の 5 つが挙げられている[7]．

- モチベーションの喚起・維持
- 全体像の把握やプロセス
- 安全な環境での学習体験
- 重要な学習項目を強調した学習体験
- 行為・失敗を通した学習

“モチベーションの喚起・維持”により，学習に対する積極的な意欲がない子供に対しても，自然と学習に取り組むことが可能となる．“全体像の把握やプロセス”により，ゲームの画面を通した全体の状況把握や意思決定等のプロセス理解が効率化すると考えられる．“安全な環境での学習体験”は，ゲーム内で発生した出来事が直接現実に影響して危害を及ぼさないように制御可能であることを示す．“重要な学習項目を強調した学習体験”とは，そのゲームの目的に特化した部分を強調することが容易であることを示す．“行為・失敗を通した学習”とは，より多くの経験を通して学習ができることを示している．

一方，Chris Crawford はコンピュータゲームで考慮するべき 4 要素を提唱しており[8]，シリアスゲームの設計においても考慮する必要があると考える．

① 描画
② インタラクション
③ 対立
④ 安全性

“描写”，は，子供達がそのゲームをやりたいと思う導入のために大変重要である．“インタラクション”はゲームをプレイする上で必須の要素であり，“対立”はゲームを継続的にプレイしたいと思うモチベーションの持続に大変重要である．“安全性”は，ゲームの中での出来事が直接現実世界へ影響して危害を及ぼさないよう制御するために重要である．シリアスゲームの場合には，その目的に合致した部分に限って現実世界に対する良い影響があることと特に考慮する必要がある．

Line Ho!ckey の設計においては，上述した藤本による 5 つの長所と，Crawford の 4 要素に加え，以下の 3 点を設計コンセプトに加えた．

- 協調性
- 対戦性
- ゲーム性

“協調性”は，チーム対戦型のゲームにすることによって，ゲームを進行する上で自然とチーム内でのコミュニケーションの頻度が増加するであろう，という狙いで設計コンセプトに加えた．

“対戦性”は，ゲームに対するモチベーションの向上を目的としている．ゲーム内における勝敗を競うプロセスを通して，現実世界におけるコミュニケーションの向上が見込めるであろう，という狙いによる．

“ゲーム性”は，ゲームを何度も繰り返しプレイしてもらうための，飽きさせないための要素である．1 度のプレイでは協調性や社会性を学ぶ上での効果が薄いと考えられるため，子供達が何度も繰り返しプレイしたと思える工夫や変化が重要と考えることから，設計コンセプトに加えた．

4. Line Ho!ckey 1.0

先述した設計コンセプトに基づき開発したシリアスゲーム Line Ho!ckey（第 1 版であることから，Line Ho!ckey1.0 とも呼ぶ）について説明する．

4.1 ゲームシナリオと実現方式

まず，Line Ho!ckey のゲームシナリオについて説明する．Line Ho!ckey は，テーブルトップ上のゲームステージを直進するボールを，指でタッチすることによって生成したラインで反射させ，相手チームのゴールのボールを入れるホッケーゲームである．プレイヤは 2 人 1 組による 2 チームの 4 人である．

ラインは，チームメンバの 2 人がゲームステージを同時に指で触れている間だけ，お互いの指の間に生成される．このラインは，チームメンバのどちらか片方の指がゲームステージから離れると消失する．すなわ

ち，ラインの生成はチームメンバの協調作業が不可欠であり，位置の変更や伸縮の際にも，メンバ同士が協調しなければ行うことができない．

上述したゲームシナリオを実現するためには，テーブルトップに触れた指が誰のものであるかを判別する必要がある．そのため，我々は特別なデバイスをユーザが装着することなくユーザ識別機能を有するテーブルトップ型 HMI である，DiamondTouch を用いた．

図4 DiamondTouch の基本構造

DiamondTouch の構造について説明する（図 4）．タッチパネルの表面には 2 次元格子状に電極が埋め込まれ，その上にプロジェクタの画像を投影するための白色の絶縁シートが貼ってある．また，ユーザが座るパイプ椅子の金属部分は，同軸ケーブルによってタッチパネル裏側に配置された接触検出装置に接続されている．パイプ椅子の代わりに，一般の椅子上に静電マットを敷いて同軸ケーブルで接触検出装置と接続しても良い．椅子に座ったユーザがタッチパネルの表面に指を触れると，その場所に配置された電極，ユーザの体と椅子間の静電容量結合によって微小な電流が流れ，これによって接触の検知とユーザの識別を行うとともに，電極の位置によって接触位置を特定する．

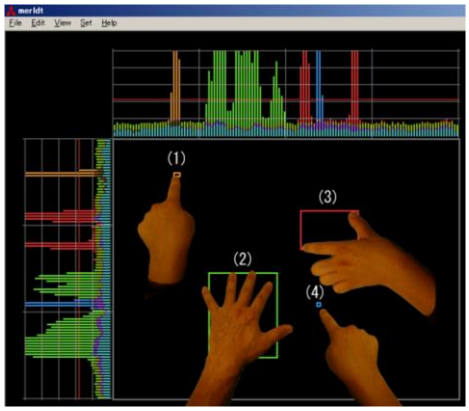

図5 入力信号の違い

同時に操作する複数ユーザの識別は，ユーザ毎に異なる椅子に着座する特長を活かし，接触検出装置内の異なるレシーバからの入力信号であることによって判断する（図 5）．

図 6 は Line Ho!ckey の状態遷移図である．ゲームのシーンごとに状態は分かれており，それぞれの条件を満たすかボタンをタッチすることで，状態が遷移する．

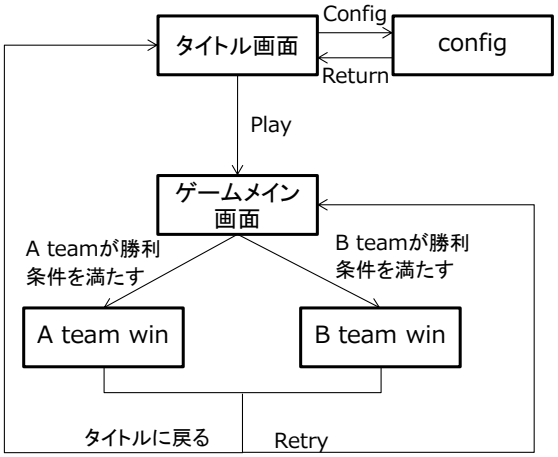

図6 Line Ho!ckey の状態遷移図

4.2 試作

図 7 に試作した Line Ho!ckey 1.0 のプレイ画面を示す．2 人が同時にテーブルトップに触れた指の間にラインが生成されているのが確認できる．このラインで直進するボールを弾き返して相手のゴールに入れると得点し，5 ポイント先取したチームが勝ちとなる．

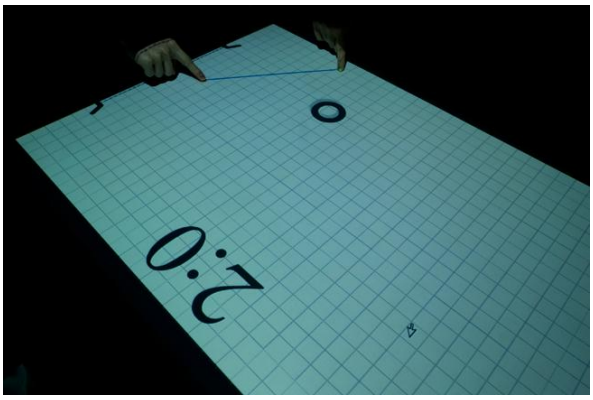

図7 Line Ho!ckey 1.0 のプレイ画面

図 8 には，4 人が同時にテーブルトップに触れている様子が示されており，どのプレイヤがチームであるかを判断し，ラインを生成している様子が読み取れる．また，ゲーム性向上のため，生成したラインは 1 秒経過すると消滅する．従って，チームメンバ同士は声を掛け合って協調し，一度ゲームステージから指を離して再度触り直すことによって，1 秒間ラインを生成することが可能となる．

図8 Line Ho!ckey 1.0 のチーム対戦画面

4.3 評価

Line Ho!ckey 1.0 の評価を目的とし，大学のオープンキャンパスをはじめ，学園祭等の不特定多数の人が訪れた際に体験型の展示を行った他，学会(ITS 2011)の展示会場でデモを行った．

結果として，幅広い年齢層の方にプレイしてもらい，互いに知らない者同士が，Line Ho!ckey 1.0 のプレイを通して，次第に互いに声を掛け合う様子が観察された．

特に小学生には好評で，小学生自らラインが引かれる仕組みを解き明かし，チーム内でのコミュニケーションが活発に行われる様子が観察された．また，対戦を通して味方チーム内での声掛けが時間とともに増大した他，相手チームとの会話も増えたことから，定性的な評価結果としては，子供達が協調性・社会性を学ぶという目的を達成できる見込みがあると考えられる．

しかし，実際にプレイした方の一部からは問題点等を指摘され，これに関しては次章にて詳しく説明する．

5. Line Ho!ckey 2.0

5.1 従来の問題点

プレイした方からの指摘により確認された問題点は，次の通りである．

① ボールを反射するラインが生成後 1 秒経過すると消滅するが，ほぼ同時刻に消滅とボールの反射が発生した場合の動作が，消滅によるものか，指が離れたことによるものかがわからない．

② ゲームの仕組みがわからないままゲームが始まってしまい，チームでラインを生成する方法が理解できたころには点差がついてしまう．

③ ルールや仕組みが分かってしまうと，ゲームが単調で飽きる．

④ なかなかゴールを決めることができない．

5.2 改良点

上述した Line Ho!ckey 1.0 の問題点を踏まえ，改良版の Line Hockey 2.0 を試作した．

まず①の問題に対する改良点として，各ユーザがゲームステージを触っている間，タッチしている個所の周りにエフェクトを表示する．これにより触っていることが指先の感覚だけでなく，視覚からも確認できる．そしてラインが引かれ 1 秒が経過したとき，ラインの消滅と同時に先ほどのエフェクトを変化させ，時間によってラインが消滅したことを視覚的にわかりやすくする．

次に②の問題に対する改良案として，チュートリアルを用意する．チュートリアルモードのときは，ボールは動かず，チームメンバ同士でラインを引くということを体感する．これによりゲームのスタート時に何をすればよいのかわからないという状態を回避することができる．

そして③の問題に対する改良点として，メニューに config 画面を追加し，ボールのスピードや勝利条件の得点数を調整できるようにする．ボールスピードの初速を調整することで，ゲームの難易度が設定できるため，繰り返しプレイする際のモチベーションの維持が図れる．

最後に，④の問題に対する改良点として，ゴールが決まらずラリーが続いた場合，ボールのスピードを徐々に加速させる． Line Ho!ckey 1.0 ではゴールに導くための決定的な要因がなかったが，ボールが加速していくことで，チームでラインを生成するタイミングをいずれ上回り，ゴールが決まるようになる．また問題②に挙げられたゲームの単調さの解消にも効果がある．

5.3 試作

図 9 に，Line Ho!ckey 2.0 でゲームステージを触った際のエフェクト表示例を示す．

図9 “Line Ho!ckey 2.0”プレイ画面

エフェクトとして，指の周りに回転するサークルを表示させた．このサークルが表示されている間のみラインを生成することができる．ライン生成から 1 秒が経過し，ラインが消滅する際のサークルのエフェクトを図 10 に示す．サークルが大きく拡大し，はじけさせることで，プレイヤはラインの消滅を感じ取ることができる．

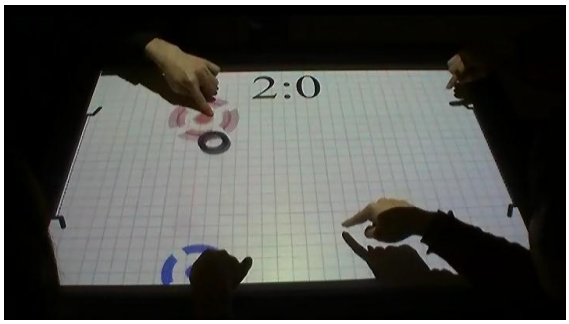

図10 ライン消滅エフェクト

次に，チュートリアルモードを利用している状態を図 11 に示す．それぞれのユーザがラインの仕組みについて理解をする．ゲームの開始は，上部の GAME START を 4 人が同時に触れることで行われる．

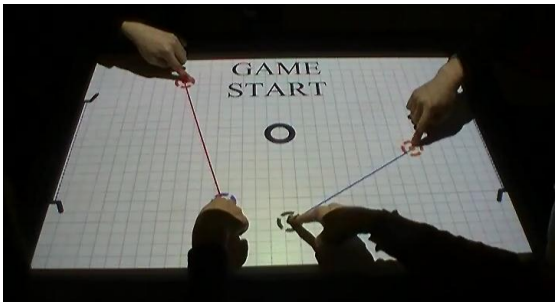

図11 チュートリアルモード

Config 画面を図 12 に示す．

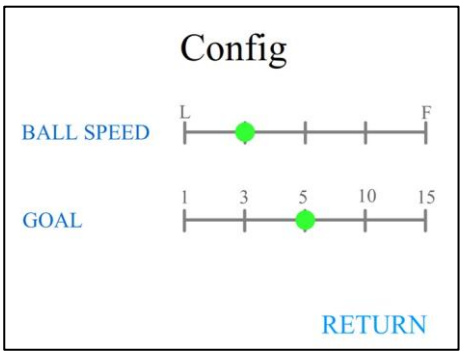

図12 Config 画面

ここでは直進するボールの初速の調整と，勝利条件の得点が調節できる．ボールの初速は 5 段階，得点は 1,3,5,10,15 から選ぶことができる．RETURN を押すとメニュー画面へ戻る．

5.4 評価

試作した Line Ho!ckey 2.0 は，テレビ番組の撮影で訪れたお笑いタレントの２人に体験していただき，初期評価を実施した．2 人とも初対面であるチームメンバの学生とコミュニケーションを図りながらゲームを楽しむことができ，協調性や社会性を学ぶための基本機能は実現できたと考える．

6. おわりに

本論文では，子供達への協調性や社会性教育を目的としたシリアスゲーム Line Ho!ckey の開発について述べた．Line Ho!ckey は，DiamondTouch のユーザ識別機能を利用することでチーム協調型対戦ゲームを実現することができ，ゲームの改良を経ることによって，目的達成のための基本機能が実現できた．

今後は，Line Ho!ckey の有効性を定量的に評価することが課題であり，子供達を対象とした評価実験について検討を進める．また，今後実施する評価実験で得られる知見に基づき，演出面での改良を加え，更にゲーム性を高めるための方法を検討予定である．

謝辞　本研究を進める上で有益なご意見を頂いたすべてのプレイヤに感謝する．

参　考　文　献

1) 武田智裕他，“テーブルトップ型 HMI によるチーム協調型ゲーム操作法の提案”，第 72 回情報処理学会 全国大会予稿集，1ZF-6，2010.
2) 古市昌一，“タッチパネル方式によるヒューマンインタフェースの研究最前線”，情報処理学会誌，Vol.50，No.4，pp.311-317，2009.
3) Dietz, P., et al. “DiamondTouch : A Multi-User Touch Technology”, ACM UIST 2001 Symposium on User Interface and Software Technology, pp. 219-226, 2001.
4) Furuichi, M., et al. “DTMap Demo: Interactive Tabletop Maps for Ubiquitous Computing”, International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp), 2005.
5) Dungeons & Dragons, http://www.wizards.com/dnd/
6) Jonathan Chaboissier., et al. “RealTimeChess: Lessons from a Participatory Design Process for a Collaborative Multi-Touch, Multi-User Game”, ACM ITS2011 International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces,2011.
7) 藤本徹，“シリアスゲーム 教育・社会に役立つデジタルゲーム”，東京電機大学出版局，2007
8) Chris Crawford, “The Art of Computer Game Design”, Osborne/McGraw-Hill, 1984.