

## Participatory Simulations: Building Collaborative Understanding Through Immersive Dynamic Modeling

Vanessa Colella. THE JOURNAL OF THE LEARNING SCIENCES, 9(4), 471-500.

-----  
複雑でダイナミックなシステムの理解を手助けする方法を探索する論文。

参加型シミュレーション (Participatory Simulations) は、学習者を、科学的な理解を促進する computer-supported シミュレーションに引きこむ。

Thinking Tags と呼ばれる身に付けることができる小さなコンピュータによって、学習者は大規模なマイクロワールドのプレイヤーへと変わる。

古典的なマイクロワールドのように、参加型シミュレーション Participatory Simulations は潜在的なルール集合によって制御されている。そしてそのルールは、調査・実験して確認することが可能である。

そしてさらに、それらの活動は学習者によって、複雑な学習環境へと"飛び込む"(dive into)ことを可能にする。

この論文は、高校の生物学クラスで実施した参加型シミュレーションの説明と分析を行う。

学習者の経験は、最初の simulation との出会いから始まって、そのシステムの探索、最終的なルールに関する記述に至るまで追跡調査された。

この pilot study は、個人の経験が調査技能や科学的な理解に役立つということについて、調査する機会を示唆する。

-----  
ウィルスがコミュニティを絶滅させようとしている。生き延びる方法を発見できるだろうか？

教室の隅では、ある小さなグループがコンピュータを熱心に見つめ、結果を待っている。

待っていると、ウィルスは奇妙なことに、教室の他の側にいる 2,3 のプレイヤーに感染する。

手元のインジケータが赤く光り、他のプレイヤーが病気で死んでしまうと教室に悲鳴が響く。

警告も無く、全ての住民が赤く光る。病気はその教室の中で広まっていく。

箱型の大きなコンピュータを使わず、"Thinking Tag" と呼ばれるウェアラブル・コンピュータを使う。

学習者それぞれが simulation のエージェントとなる。

病気にかかったプレイヤーは赤く光るので、どのプレイヤーが病気なのかを常に覚えておく必要がない。

そのため、誰が病気になったのか？いつ？どのようにして？なぜ？という疑問は、単なるコンピュータ simulation の調査ではなく、自らの伝染病の調査となる。

それら新しい環境はロールプレイングゲームの一種であり、一貫したルールやマイクロワールドの構成要素と、実世界での冒険を複合したものである。

参加者は、コンピュータがサポートする simulation を経験し、そしてシステムのルールを協同的に探索する。

(National Committee on Science Education Standards and Assessment, 1996; Project 2061, 1993)  
inquiry-based な科学を求めるにつれて、システムについて考える技能は発達し、科学クラスにおける協同学習は育つ。

プロジェクト目的：参加型シミュレーションによって作られた環境の中でどのように学習するのかを調査。

#### 「DESIGNING EXPERIENCES」

- 子供は経験を通して知識を構築する(Dewey,1916,1988;Montessori,1912;Papert,1980;Tanner,1997)
- 教育者は、教育に役立つ経験のデザイン、あるいは経験を利用可能にする特定の材料を作成してきた。
- Friedrich Froebel の"gifts"(http://www.froebelgifts.com) :  
認知発達を促す特定のオブジェクト。6つの柔らかい毛糸玉。様々な大きさの木製キューブ等。
- (Vygotsky, 1978) : 子供たちの思考や活動の範囲を広げるのに、giftsのような、ツールは大いに役立つ。
- (Papert, 1980) : コンピュータベースのツールは、発達的な経験に様々な変化を起こさせる。
- (Bruckman, 1998) : 仮想的なコミュニティは子供たちにとって、代替的な現実を構成する場所
- (Eisenberg & Eisenberg, 1998) : コンピュータベース環境は複雑な紙の彫刻のデザインを可能にする。
- (Tinker, 1996) : microcomputer-based labs は、子供たちに科学的なデータの収集を促す。
- (White, 1993) : Newtonian-based 環境は物理の法則の探索を可能にする
- コンピュータベースのツールは教育的な経験の中心となる活動(探索, 調査, 作成)をサポートする。

#### A Computational "Sandbox"

- マイクロワールドは、計算上の砂場のように考えることができる。  
計算上の砂場は、単に、実際の砂場をスクリーンに表示したものではない。  
例えば、公式な論理によって構成される世界に、非公式なルールを持ち込むことができる。
- 多くの場合、特定の公式ルール集合に焦点を当てており、実行できるアクションは制限されている。  
しかし、それらアクションを規定するルールについてより多くの学習をする機会を与えてくれる。
- the Envisioning Machine は、実世界の特徴を中間的な抽象レベルで与える。  
例えば、実世界でのボールの運動について、矢印が物体の速度や加速度を表現(p.241)。

- この橋渡しにより、自分が観察したパターンや動きと、それらを規定するルールとの相互作用が可能になる。

- そのため、gifts が行動を促進し子供たちの新しい理解の発達を助けるのと同じくらい、マイクロワールドは、行動や思考の幅を広げてくれる。

• Benefits of microworlds. (マイクロワールドの利点):

- 正確な考え方を学ぶためには特殊な経験の生成や組織化が必要。

マイクロワールドは、可能な経験の幅を広げてくれる。

- (diSessa, 1986,p.224): より自由で正確なコンピュータは本質的な洞察を導くことができる。

- 異なるマイクロワールドにより、特定の領域の探索ができる。

物理(The Envisioning Machine), 数学(Logo), 政治学(SimCity)

• Building on microworlds. (マイクロワールドの構築)

- (Turkle & Papert, 1992): コンピュータスクリーンから観察されたパターンやプロセスに距離を感じる。

- コンピュータ上で見たものは全て信じてしまう傾向があるため、完全な理解は非常に困難。

- (e.g., Eylon, Ronen, & Ganiel, 1996; Goldman, 1996; Papert, 1980; Roschelle & Teasley, 1995)

多くのマイクロワールドはこれら問題を解決し、学習者の興味をひくことや、深い推論、高度な分析などを可能にしている。

• Another way to learn from experience.

- 参加型シミュレーションは、実世界における simulation である。

実世界からの経験のアフォーダンスをその特徴とする。

学習者は、実世界におけるコンピュータのサポートによって、参加者となる。

#### Participatory Activities

- 参加型シミュレーションプロジェクト:

豊富な学習経験を導くような simulation への参加方法について調査。

- 直接的に参加することで、新しい考え方やより良い理解を促進させるというのは新しいものではない。

例えば、コミュニティの運動家や政治家という役割を引き受け、討論をするよう頼まれた場合。

この討論は、数多くの個体が問題点についてどのように感じるについて考える機会となるかもしれない

- ロールプレイングは、個人の経験と、そのような経験をした原因を結びつけるため深い理解を導く。
- 参加型シミュレーションは、実世界での個人的な経験と潜在的なルールとを結び付ける。

#### 「THE PARTICIPATORY SIMULATIONS PROJECT」

- 学習者をやる気にさせ、データの分析を促進させ、共同的な理論構築や実験デザイン、そして科学的な現象のより深い理解を導く環境。

- コンピュータスクリーンは使わず、数多くの参加者が物理的な simulation を経験する。
- 目的：  
それらの活動が、モチベーションと能力の発達の両方を促進するようになるかどうか。  
そしてそうならば、どのようにして促進されるのか。

#### Technological Support

- Thinking Tag：小さいウェアラブルコンピュータ。  
何人のプレイヤーと出会ったかというような情報を集める。  
そして、誰かが病気になるのか健康なのかを判断する。  
他のプレイヤー（の Tag）とリンクすることができる。
- (Fig. 1)  
Media Lab(1996)で作成されており、参加型シミュレーションにおいて様々なサポートを行う。  
表示デバイスとして、2桁の数字表示と、5つのLEDがある。

#### Participants

- 10年生の生物学クラスで、5日間の simulation が公立高校の授業の中で行われた。
- 女子7名、男子9名の16名が参加。教師も活動に参加しており、研究者（筆者）が進行させた。  
そして、2名の生徒についてビデオテープで活動が記録された。

#### Activities

- Tagの基本的な操作方法を教示。
- 参加型シミュレーションにおける生徒の最初の経験は、病気 simulation ゲームで遊ぶこと。  
「病気がうつらないように、どれだけ多くの人間に会いなさい」  
タグの一つはウィルスに感染している  
人に会うのはいつでもやめることができ、そのときは、電源を切って、椅子に座る  
生徒には、病気のうつり方、うつりやすさの程度等の情報は伝えず、質問も受け付けなかった。

- 4 日間は、45-50 分の授業と、最後の日の 90 分の授業
- 初日 (Phase 1)  
研究者が、Tag の基本的な使い方を教示。
- 2,3,4 日目 (Phase 2)  
病気 simulation (あるいはゲーム) に参加、そしてそれら simulation の分析。  
3 つの明確な構成要素  
(1)初期の病気 simulation、  
(2)それら simulation のディスカッション  
(3)simulation について仮説検証や実験実施。  
生徒たちは、3 日間で 6 つの病気ゲームを達成。
- 5 日目 (Phase 3)  
それまでの simulation 結果を振り返り、最後の simulation ゲーム。

#### The Disease Simulation

- 概要  
ウイルスは約 3 分程、潜伏 (見ることができない) している。  
ウイルスを持っているタグ (たとえ見えなくても) は他人のタグにウイルスをうつす。  
感染率は、100%  
Tag のディスプレイ (会った人数) に、1 あるいは 2 という数字が入っていたら、ウイルスに免疫ができる。  
免疫のあるタグは、病気に感染しない。
- 出会った人数がディスプレイに表示され、そのタグが病気になっているとき 5 つの LED が光る。
- 出会ったタグや感染に関する記録が残されており、そのデータから最終的な仮説を確認することができる。

#### Data Collection

- (Newman, 1990; Salomon, 1993)  
参加型シミュレーションの分析単位は、個々の子供やツールではなく、教室の中の認知システム全体である。
- 会話と、活動を通じた協調的なディスカッションをもとに分析した。  
具体的には、セッションごとのビデオテープ。  
simulation のダイナミクスについてどのような考えをもっているかという質問に対する返答

- そして次の4つの主な目的の証拠を探すためにデータを分析した。
  - (1)活動の間、生徒はsimulationにしっかりと参加していただろうか？
  - (2)生徒はsimulationから証拠を見つけ出し、分析できていたか？
  - (3)実験を計画し、結果を予想し、アイデアを確信あるいは棄却できていたか？
  - (4)科学的な態度でそれらの調査が実行できたか？

#### 「ANALYSIS OF CLASSROOM ACTIVITIES」

##### Engagement in the Simulation (simulationへの取り組み)

- このプロジェクトでは、生徒は、非常に活発にsimulationに参加している(Episode 1)
- 参加型シミュレーションが熱中できるものであるが、それが教育的な価値を持つのかどうかは断定できない。
- (Ackermann, 1966)
  - "diving-in": 直接的な経験や状況の分析
  - "stepping-out": そこから一歩下がって考える。
- (Serman, 1994)
  - ダイナミックな学習環境の特徴: 多くの場合、その問題の外に出て、しっかりと考える機会を提供する。
- この参加型シミュレーションでは、生徒にこれらの考え方を楽しみながら実施する機会を与える。
  - データを集め、実験を計画するとき、それまでの自分の振る舞いを思い出し、利用することができる。

##### Identification and Analysis of Evidence

- simulationのプロセスを分析するために、証拠を見つけ分析する必要がある。
  - 生徒がsimulationからデータを抽出し、分析している事例を示す。
- 最初のsimulation(Phase1)では、全てのプレイヤーがウィルスに感染してしまった。
  - 感染を避けたと思っていた多くのプレイヤーはその結果に驚いた。
  - プレイヤーたちはデータを比較してその結果の説明をしようと試みた。
- 最初、データを集めて、そのデータから意見を作り始めた。
  - なぜそのようなことが起きたのかという仮説、それらをどのようにして証明すればいいのかという意見。
  - 最初に発見すべき問題は何か。
- 生徒たちは、これら意見をサポートする証拠を集め、仮説を検証し始めた。

- (Episode2)

Doug が多くのプレイヤーに病気をうつしていることに気づくが、それを実験したり、検証していない。研究者が、誰が最初の感染源か質問しても、直接的には答えず、提案やアイデアの言及のみ。

- (Episode3)

「彼あるいは彼女が出会った最後の人によってうつされた」という提案が確かかを調べようとする。

「Rick が彼女と share した最後の人だ」「Rick が感染源だ」

「ちがう、私も Rick と出会った（けれどうつされてない）」

解決しようとしている問題（感染源の特定や、感染手段）について、プレイヤーたちがそれぞれの経験を集めて解決しようとしていた。

### Experimental Design and Execution

- 参加型シミュレーションは、実験の計画や実施を促進するようデザインした。

- (Dewey, 1938/1998)

お互いのやり取りの中から、事実の観察や提案されたアイデアが生み出される。

やり取りによって事実は明確となるので、それら事実によって構成されたアイデアも、より適切なものに。

- (Episode4)

Episode2 における、Rick の実験実施の提案は、同意を得ることなく無視された。

その後、ウィルス伝播のダイナミクスを明らかにするための様々な実験が提案されていく

- (Episode5)

提案された実験計画について、Rick が所有権（「それは既に僕が言った計画だ」）を主張。

誰もが実験を提案するようになり、実験計画がより明確化していく。

- Episode5,6 の両方で、実施する実験についてコミュニティ内で交渉が行われている。

新しい実験についてのアイデアが提案　なぜその提案が特定の情報を生み出すのか説明を求める

しかし、一度データを集め始めると、決められた手続きに従うよう他の人に圧力をかける。

- 参加型シミュレーションは、全員の参加を確実に保証するという特徴をもつ。

しかも、進行役が全員を管理するような協同環境ではなく、参加者自身が互いに全体をまとめようとする。

Allison: 「あなた(Rick)が参加してくれないと実験ができないでしょ」

### Progression of Scientific Activity (科学的活動の進行)

- 最初に、ウィルスをうつされないように他の人に会うよう求められる。

そして、simulationの明確な理解が促進する。

これらの活動を可能にする参加型シミュレーションは、やる気を起こさせる学習環境である。

- 最終的な結果やダイナミクスの完全な理解のために、simulationの潜在的なルールを理解する必要がある。

参加者は、互いに証拠を持ち寄り、問題を明らかにし、システムの理論を構築し  
システムのダイナミクスを明らかにするための実験を計画、実施する。

- 最終的に、参加者たちは、熟慮と、相互作用によってルールを学習した。

例えば、感染源に出会ったときにうつる人とうつらない人を予測することができた。

- それぞれのsimulationは、たいして時間を必要としないが、

参加者たちは、議論したり、次のsimulationのための方略を計画したりして多くの時間をかける。

- 最初の数回のsimulationでは、データの観察や収集に焦点が当てられる。

経験が集まるにつれて、解決したい2,3の特定の問題について合意する。

最後の方では、実験のデザインや仮説を確信・棄却するためのデータ収集などのように、組織的になる。

#### 「DISCUSSION」

Keep the Technology Unobtrusive (技術は目立たないようにしておく)

- 参加型シミュレーションのデザインは、2つの重要な目的達成を目指した。

(1) Tag が生徒間の自然なコミュニケーションを妨げないこと

(2) 技術的には地味だけれども、生徒がとても熱中するようにすること。

- computer-supported 協同学習に関する数多くの研究(e.g., Koschmann, 1966)がある。

しかし参加型シミュレーションは、スクリーン上のイメージやテキストといった情報共有よりも、より自然なコミュニケーション(声やジェスチャー)のサポートを行っている。

- (Episode7,8)

最小限の表示技術により、生徒たちが、自身のイメージーションや以前の経験を使うようになる。

Episode7: 実際に自分がウイルスに感染した場合を想定して言及。

Episode8: HIVなどのすぐには表面に現れないウイルスを例にあげて説明。

- 最小限の表示は、生徒たちの能力ややる気を損うどころか、逆に促進させるかもしれない。

そして、目立たないTagは、数多くのグループ間での相互作用をサポートする。

Add Coherent, Consistent Rules to the Experiential World (経験に基づいた世界に整然とした矛盾のないルールを加える)

- 長年、ロールプレイングゲームは、子供や大人たちの間で親しまれてきた。  
コンピュータ、とりわけインターネットは、その人口を増やした(Turkle, 1995)。  
Thinking Tag は、即時的な実世界での冒険とマイクロワールドの一貫したルールを複合させた新しいロールプレイングゲームである。
- Tag によって、参加者はその個性を保ったままマイクロワールドのエージェントとなることができる。  
日常的な経験や、simulation のデータを集めることで、最初は謎めいたシステムの挙動が、明確になる。
- デザインする際、そのリアリティよりも、重要な概念を探索する simulation を構成した。  
例えば、HIV 感染の複雑さを採用して実世界に近づけるよりも、理解しやすい簡単なものを採用した。
- (Roughgarden, 1996)  
"idea model": このような、実世界のシステムの最も重要な部分や、一般的な原理を採用するモデル  
Recreate Scientific Phenomena in Interpersonal Space (個人間で科学的現象を再現)  
- この参加型シミュレーションでは、実世界の現象に関する経験や知識が非常に強い影響力をもつ。  
例えば、simulation 中に、"死んだ","HIV に感染した"などのように大声をだす。  
- simulation における参加者の個人的な経験が、科学的な実験の計画や実施という壁を低減してくれる。  
参加者はだれでもデータを集めることができるし、実験を提案することができる。  
- この simulation は、社会的に意味ある文脈の中で、豊富な経験的結果、実験的結果をサポートする。  
Facilitate Similar but Non-Identical Experiences (似ているが全く同じではない経験の促進)  
- 参加型シミュレーションにおける活動は、全ての参加者が持つ、類似した重要な経験からデザインされる。  
- ある参加者が自身の経験を説明したとき、他の人はそれを理解し、自分の経験と結びつけることができる。  
これは、誰かがデータを集めたり実験を提案したりするとき、全員がそれら活動に参加する準備がされていることを意味する。  
- しかし、全ての経験が全く同じというわけではない、他とは挙動の異なる免疫のある Tag や、自らの態度(できるだけたくさん会おう、できるだけ会わないようにしましょう)によっても異なってくる。  
- 本流(mainstream)とは異なる経験は、データ収集の際に外れ値として扱われ、そこからまた別の仮説が提案される。

Enable Students to Devise Their Own Solutions (生徒に自分の解決を工夫することを可能にする)

- ルールを議論する際に使う語彙や、集められたデータ・提案された仮説を描写する表記方法などは与えない。

このように、最小限の情報しか与えないことは、問題を引き起こすだろうか？

- 活動の間中(特に3ゲーム目以降)、アイデアを明確に表現しようと試みる。

そして、活動について話すとき、全員が納得いくような話し方に合意する。

例えば、免疫のある Tag を「the 21 thing」などと呼びはじめる。(Episode9)

- 現在の実施では、進行役は、討論のための用語を与えない。

議論する者たちが自分たちで納得のいく用語を決めるため、その語彙はグループの中では定着しやすいものとなるだろう。

- データの表記方法についても似たことがいえる、

あるグループでは、表やグラフをデザインし、問題の分析の際に利用した(Episode3の間)。

- (Bamberger,1998;diSessa,Hammer,Sherin,&Kolpakowski,1991;Greeno&Hall,1997;Hall,1996;Nemirovsky,1994)

自ら表記方法を作成することの認知的利点の研究。

今後は、このような活動についても研究したい。

- また、この研究では、研究者が活動の全てを進行させた。

参加者の振る舞いが分析できるにも関わらず、進行役の役割について調べるのには不十分である。

このような問題解決型の学習においては、活動の教育的な成功のために進行役の役割が重要だと考えている。

- この pilot study の提言：

実世界におけるマイクロワールドの拡張によって、構造化された経験が世界を規定するメカニズムを理解するのに役立つことを再確認する機会が得られた。

- 将来的には、子供の科学的な理解の発達をサポートできるような simulation への参加方法を解明したい。