

小学生を対象とするモデリング授業の実践報告 —Kinect のモーション・キャプチャ機能に着目して—

自然科学系教育サブプログラム (算数・数学)

松井 雄一郎

【指導教員】 松崎 昭雄 飛田 明彦 西澤 由輔

【キーワード】 Kinect モーション・キャプチャ機能 モデリング 数学的モデル 現実モデル

1. はじめに

キズナアイをはじめとする Virtual YouTuber は、キャラクターが動いている様子を Youtube に投稿している。Virtual YouTuber は、人の動きを捉え画面上にキャラクターが動いている様子を表示させることのできるモーション・キャプチャ機能を活用している。筆者は、現在、Kinect のモーション・キャプチャ機能に着目し、小学生を対象とするモデリング授業を設計・実践している。Kinect は、PC と接続し、ソフトウェア開発者用ツールキットを起動させて使用する。Kinect のソフトウェア開発者用ツールキットには、様々なサンプルプログラムが備わっている。その 1 つ Skeleton には、2 つの機能が備わっている。1 つ目の機能は、関節など全身 20 か所を認識し点で表現し、それらを結んで腕や足を線分で表現する機能である (図 1 左)。ただし、認識可能人数は 2 人までである。2 つ目の機能は、遮蔽物や体勢などにより人体の一部が認識できないときは、仮想の位置に細い線を表示する機能である (図 1 右)。これら 2 つの機能をモーション・キャプチャ機能と呼ぶ。Kinect のモーション・キャプチャ機能によって画面上に表示されたものは、身体の動きを抽象化した数学的表現である (Matsui, 2021)。Kinect の前の 2 人は、身体的表現と Kinect のモーション・キャプチャ機能によって抽象化された数学的表現を対比することになる。例えば、Kinect の前の 2 人がダンスをしている時には、ダンスでは特に重要とされる、表情や視線、指先の細かい動き等を捨象することになる。

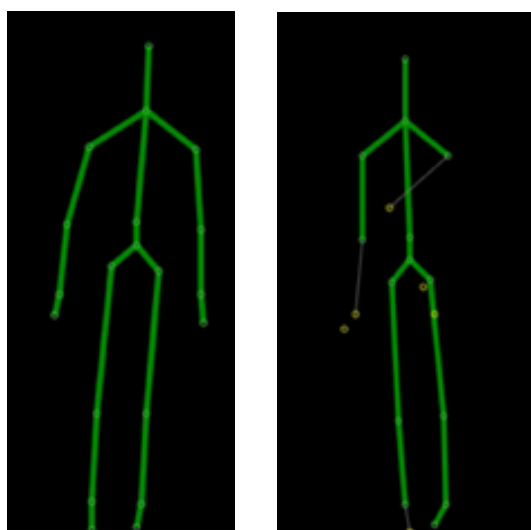


図 1 Kinect のモーション・キャプチャ機能による画面上の表示

Greefrath (2011) は、「デジタルツールは・・・コンピュータで用いられる言語に翻訳され続けている。だから、ある特別なコンピュータモデルが構築されなくてはならない」(p.301) として、モデリング・サイクル (Blum and Leiß, 2007, p.225) にコンピュータモデルを付加している (図 2)。デジタルツールを用いたモデリングでは、テクノロジーによる解決を念頭に置いておく必要がある点に注意を払わなければならない (Greefrath et al., 2011, p.316)。松崎・塚原 (2016) は、教具レゴとグラフ電卓を併用した実験・観察型アプローチによるモデリング・ワークショップを設計・実践している。そして、複数の ICT の諸機能に着目する場合、コンピュータモデルを付加したモデリング・サイクル (図 2) にもとづく説明が有用であるとし、モデラーの活動を説明している。本研究では、PC と Kinect といった複数の ICT を用いるため、コンピュータモデルを付加したモデリング・サイクルにもとづく説明が有用である。コンピュータモデルを付加したモデリング・サイクルにもとづいて説明すると、Kinect のモーション・キャプチャ機能によって画面上に表示されたものは、コンピュータ結果である (図 2 参照)。

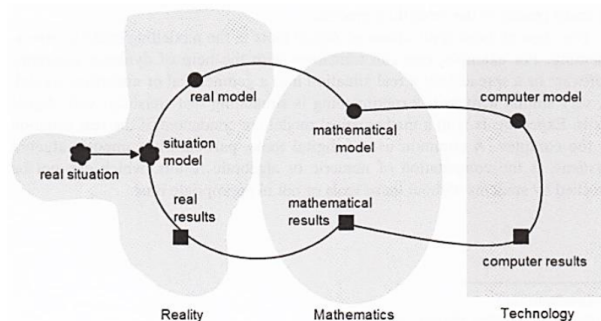


図 2 コンピュータモデルを付加した
モデリング・サイクル (Greefrath, 2011, p.302)

本稿では、Kinect のモーション・キャプチャ機能に着目し、小学生を対象とするモデリング授業の設計・実践を報告する。

2. 小学生を対象とするモデリング授業の設計

大川他 (2013) は、ダンスでは身体の動き及び表現に主眼が置かれているとし、創作ダンスに着目している。そして、ダンスによる身体的表現とモーション・キャプチャ機能による数学的表現のつながりによる表現力の育成を目指し、Kinect を用いた授業を設計・実践している。

筆者らは、小学生を対象とするモデリング授業の設計に向け、Kinectを用いて、茨城県内国立大学学部学生を対象としたモデリング・ワークショップを実践した(松井・松壽, 2022a)。実施日は2021年(令和3年)12月12日である。ワークショップのテーマは「Kinectを使ってダンスをしよう」である。ねらいは「Kinectのサンプルプログラム Skeletonを通して身体の動きを数理的に捉えることができる」である。ワークショップでは、学生らはペアで9つの班に分かれた。ワークショップでは、ラジオ体操第1と「恋」を取り入れた。Kinectのモーション・キャプチャ機能によって画面上に表示されたコンピュータ結果について、ワークショップ内では「Skeleton」と呼ぶ。コンピュータモデルを付加したモデリング・サイクルにもとづいて説明すると、ラジオ体操第1と「恋」は共に現実場面であり、ラジオ体操第1に合わせて実際におこなった体操と「恋」に合わせて実際におこなったダンスは共に現実的結果である。「Skeleton」がラジオ体操第1と「恋」に合わせて体操とダンスをすることをイメージした体操とダンスの振り付けは現実モデルである。まず、学生らは、コンピュータ結果とラジオ体操第1に合わせて実際におこなった現実的結果の異同についてペアで話し合った。この際、学生らはワークシートへの記述も並行しておこなった。学生らはワークシートに現実的結果とコンピュータ結果を対比させ、「同じところや違うところ(Skeletonでは表現されないところ)は何でしたか」に対する回答を記述した。次に、学生らはペアで、コンピュータ結果をもとに「Skeleton」が「恋」に合わせてダンスをすることをイメージした現実モデルを修正した。この際、学生らはワークシートへの記述も並行しておこなった。学生らはワークシートに「実際にKinectの前で「恋ダンス」を踊った結果、Skeletonによって表現された動きについての予想と実際を比べて、同じところや違うところは何でしたか」に対する回答を記述した。その後、学生らは、他のペアの現実的結果を見て、自分たちの現実モデルを更に修正した。筆者は、学生らに対して、Kinectの前で修正したダンスをする前に、どのような修正をしたのかカメラに向かって話すよう指示した。

2.1. ラジオ体操第1をしているときのKinectのモーション・キャプチャ機能によって画面上に表示されたコンピュータ結果と現実的結果の異同

ラジオ体操第1をしているときのKinectのモーション・キャプチャ機能によって画面上に表示されたコンピュータ結果と現実的結果の異同について、ワークシートの回答を分類した(松井・松壽, 2022a)。

肩、背骨の動きについては、3つの班が指摘している。例えば、1班は「肩と股関節の表現があいまい」、7班は「肩が動かない(極端に動けば、動く)」「背骨が曲がらない」と回答している。

関節の動きについては、2つの班が指摘している。例えば、6班は「関節の曲がり具合が大きさで写る」と回答している。

自身の腕や脚が自身の身体に接する動きについては、3つ

の班が指摘している。例えば、1班は「ひじと手をつけても画面上では接しない」、9班は「Skeletonでは体がつかない」と回答している。

身体の向きについては、3つの班が指摘している。例えば、5班は「表裏の区別が skeleton では表現されていない」、9班は「顔の向きは表現されない」と回答している。

Skeletonによる身体の表現やKinectによる認識については、3つの班が指摘している。例えば、7班は「うでが長い気がする」、4班は「人間しか認識しないのはなぜ(動物、骨のあるものは認識するのか)」と回答している。

Kinectに対する前後の動きについては、7つの班が指摘している。例えば、2班は「手を前に伸ばしたり、前後の差があるときにうまく表現されない」、3班は「前後の動き」、5班は「手前・奥行きが表現されない(前後に上体反らししてもほぼ変化しない。)」と回答している(図3, 図4)。



図3 足を前後に動かした際のコンピュータ結果を確認している様子(3班)

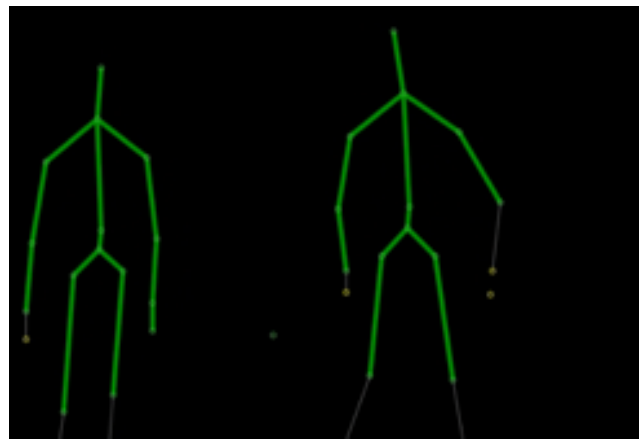


図4 足を前後に動かした際のコンピュータ結果(3班)

自身の腕や脚が自身の身体に重なる動きについては、6つの班が指摘している。例えば、6班は「横を向いているときなどの『腕の重なっている』ところでは、奥にある方の部分が点になって表示される」、5班は「skeletonでは無理矢理にでも人の形に補正することから、センサーに対して垂直(横)に立つと、形が変化する」と回答している。

指先等の細かい動きについては、5つの班が指摘している。例えば、4班は「ひねる操作が上手くいかない、区別できない」、8班は「ゆびがない」と回答している。

学生らの多くが、ラジオ体操第1に合わせておこなった

現実的結果と Kinect のモーション・キャプチャ機能によって画面上に表示されたコンピュータ結果の異同について、次の3つに着目して指摘していた：1つ目は Kinect に対する前後の動きについて、2つ目は自身の腕や脚が自身の身体に重なる動きについて、3つ目は指先等の細かい動きについてである。

2.2. 「Skeleton」が「恋」に合わせてダンスをすることをイメージした現実モデルの修正

ここでは、「Skeleton」が「恋」に合わせてダンスをすることをイメージした現実モデルの修正についての発言（括弧内筆者補足）を取り上げる。

学生らの多くは、ラジオ体操第1に合わせておこなった現実的結果と Kinect のモーション・キャプチャ機能によって画面上に表示されたコンピュータ結果の異同に着目し、現実モデルを修正している。

2.2.1. Kinect に対する前後の動きについての現実モデルの修正

Kinect に対する前後の動きについて、9つの班が現実モデルの修正をしている。例えば、7班は以下のような現実モデルの修正をしている。

IM：えっと、工夫するところは、まずこう腰回すところがあるのでめっちゃこう横に大きくまわすっていうのと、あとは、前後のこういう動きが（表示）されづらいのでそこは真横向いて、あとは全体的に動きをおっさめに踊ります（図5）。



図5 学生IMが Kinect に対する前後の動きについて説明している様子（7班）

7班は、コンピュータ結果では、Kinect に対する前後の動きは表示されにくい、横の動きは表示されやすいことに着目している。ここで、Kinect に対する前後の動きは表示されにくい、横の動きは表示されやすいという数学的モデルを想起していると言える。そして、想起された数学的モデルをもとに、腰を回す動きについて、腰を横に動かすという現実モデルの修正をおこなっている。このように「Skeleton」が腰の動きを表現しやすいように、現実モデルを修正している。

2.2.2. 自身の腕や脚が自身の身体に重なる動きについての現実モデルの修正

自身の腕や脚が自身の身体に重なる動きについては、8つの班が現実モデルの修正をした。例えば、9班は以下のような現実モデルの修正をしている。

SY：まず、手が重なる振りは目の前じゃなくって、なんかちょっと横目の、で前を向いてやる（図6）。



図6 学生SYが手と手が重なる動きについて説明している様子（9班）

9班は、コンピュータ結果では、手と手が重なる動きが表示されにくいことに着目している。ここで、Kinect に対して手と手が重なり「Skeleton」の一部が消えてしまうという数学的モデルが想起されている。そして、想起された数学的モデルをもとに、Kinect の正面を向いて手に手を重ねる動きについて、少し横を向くという現実モデルの修正をおこなっている。このように「Skeleton」が手の動きを表現しやすいように、現実モデルを修正している。

2.2.3. 指先等の細かい動きについての現実モデルの修正

指先等の細かい動きについては、2つの班が現実モデルの修正をしている。例えば、5班は以下のような現実モデルの修正をしている（図7）。

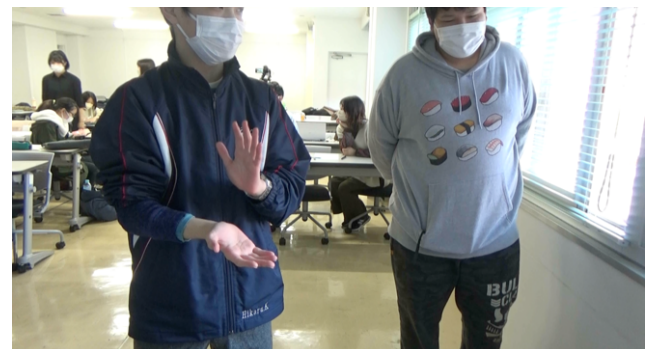


図7 学生SDが手先の動きについて説明している様子（5班）

SD：自分たちの班では、えーっと、まず最初、えー、Skeleton では、え、手先の動きが反映されない、手先の動きを無視できるということに気付いたので、まあ手先の動きを無視して踊りたいと思います。

5班は、コンピュータ結果では、手先の細かい動きが表示

されにくいことに着目している。ここで、「Skeleton」は手先の細かい動きが表現できないという数学的モデルを想起していると言える。そして、想起された数学的モデルをもとに、手先の細かい動きについて、手先の動きを無視して手を動かすという現実モデルの修正をおこなっている。このように「Skeleton」が手の動きが表現しやすいように、現実モデルを修正している。

学生らの多くが、想起された数学的モデルをもとに、次の3つに着目して現実モデルの修正をすることを指摘していた：1つ目はKinectに対する前後の動きについて、2つ目は自身の腕や脚が自身の身体に重なる動きについて、3つ目は指先等の細かい動きについてである。

2.3. 「Skeleton」が「恋」に合わせてダンスをすることをイメージした更なる現実モデルの修正

ここでは、他の班の現実的結果とコンピュータ結果の対比を通した、更なる現実モデルの修正についての発言を取り上げる。

2.3.1. Kinectに対する前後の動きについての更なる現実モデルの修正

Kinectに対する前後の動きについて、4つの班が更なる現実モデルの修正をしている。例えば、5班は以下のような更なる現実モデルの修正をしている。

SD：えっと、ま、簡易化させるっていうことを目的でやったので更なる工夫としてはまあ先ほど上がったようなクロールも、クロールもさらに、あの前上下運動なの、上下というか手前奥運動なのでそれも無くすようにまあこういう運動でも（肩を上下させる動き）ほとんど同じではないかなって考えて、そのさらに他の踊りでもその二次元的な動きに、で、換用できるんじゃないかって考えました（図8、図9）。



図8 自由形の腕の動きをしている様子（5班）



図9 学生SDが肩を上下させて説明している様子（5班）

5班は、コンピュータ結果では、Kinectに対する前後の動きは表示されにくい、上下の動きは表示されやすいことに着目している。ここで、Kinectに対する前後の動きは表示されにくい、上下の動きは表示されやすいという数学的モデルを想起していると言える。そして、想起された数学的モデルをもとに、自由形の腕の動きについて、肩を上下に動かすという現実モデルの修正をおこなっている。このように「Skeleton」が腕の動きを表現できるように現実モデルを修正している。

2.3.2. 自身の腕や脚が自身の身体に重なる動きについての更なる現実モデルの修正

自身の腕や脚が自身の身体に重なる動きについては、5つの班が更なる現実モデルの修正をした。例えば、9班は以下のような更なる現実モデルの修正をしている。

SY：えっとなんかまあやっぱりさっきのある程度見ていて重なっている動きのところを再現しにくいしにくそうだったのでま左右でやるとかまやっぱ上の方でとかでやるとかにするとま再現しやすいのかなと思いました（図10）。



図10 学生SYが手を身体の上で動かして説明している様子（9班）

9班は、コンピュータ結果では、自身の腕や脚が自身の身体に重なる動きが表示されにくいことに着目している。ここで、Kinectに対して自身の腕や脚が自身の身体に重なり「Skeleton」の一部が消えてしまうという数学的モデルを想起していると言える。そして、想起された数学的モデルをもとに、身体が重なる動きについて、身体の左右や上で動かすという現実モデルの修正をおこなっている。このように「Skeleton」が自身の腕や脚が自身の身体に重なる動きを表現できるように、現実モデルを修正している。

2.3.3. 指先等の細かい動きについての更なる現実モデルの修正

指先等の細かい動きについては、2つの班が更なる現実モデルの修正をしている。例えば、2班は以下のような更なる現実モデルの修正をしている。

UN：さっきの動画を見て、えーとあれちょっと細々した動きとかがよく分かりにくかったのと、ちょっとはや、動きが早いところが見る側にとってはちょっと分か

りにくかったので、もう少しなんかその動きが早いところとか、回数をちょっと減らしたりとか、あとそのこういうなんか腕とかが重なるところとか、もう少し大きく表現するような工夫が、ま必要かなと思いました(図11)。



図11 学生UNが細々した動きについて説明している様子(2班)

2班は、コンピュータ結果では、細かい動きや早い動きが表示されにくいことに着目している。ここで、「Skeleton」は細かい動きや早い動きが表示されにくいという数学的モデルを想起していると言える。そして、想起された数学的モデルをもとに、細かい動きや早い動きについて、大きく動かすことや、早い動きの回数を減らすという現実モデルの修正をおこなっている。このよう「Skeleton」が大きな動きで動きを表現できるように現実モデルを修正した。

他のペアの現実的結果を見て、学生らの多くが、次の3つについて現実モデルの更なる修正が必要であることを指摘していた：1つ目はKinectに対する前後の動きについて、2つ目は自身の腕や脚が自身の身体に重なる動きについて、3つ目は指先等の細かい動きについてである。

モデリング・ワークショップで学生らにKinectを用いてダンスをすることによって、数学的モデルが想起されていた。そして、学生らは、想起された数学的モデルをもとに現実モデルを修正していた(Matsui & Matsuzaki, 2022)。筆者は、Kinectを用いてダンスをする際、小学生にも数学的モデルが想起され、この数学的モデルをもとに現実モデルを修正することを想定し、小学生を対象とするモデリング授業を設計した(Matsui, 2022)。

3. 小学生を対象とするモデリング授業の実践報告

筆者らは、埼玉県内公立小学校第2学年児童を対象としたモデリング授業を実践した(松井・松寄, 2022b)。埼玉県内公立小学校第2学年児童24名を対象としたモデリング授業を実践した。授業者は第1著者である。第1時を2022(令和4)年3月7日、第2時を3月9日、第3時と第4時を3月11日に実施した。児童らは4人ずつで6つの班(いるか班×2, ぱった班×2, かえる班×2)に分かれた。モデリング授業では、課題曲として「友よ～この先もずっと・・・」と「いるかはざんぶらこ」の2曲を取り入れた。Kinectのモ

ーション・キャプチャ機能によって画面上に表示されたコンピュータ結果について、授業内では「ぼう人間」と呼ぶ。コンピュータモデルを付加したモデリング・サイクルにもとづいて説明すると、2つの課題曲は共に現実場面であり、2つの課題曲に合わせて実際におこなったダンスは現実的結果である。「ぼう人間」が2つの課題曲に合わせてダンスをすることをイメージしたダンスの振り付けは現実モデルである。授業の目的は、「KinectのサンプルプログラムSkeletonを通して、身体の動きを数理的に捉えることができるようにする」である。授業は第1時から第4時の計4時間である。第1時では、「友よ～この先もずっと・・・」を取り上げる。児童らは、Kinectの前で「友よ～この先もずっと・・・」に合わせてダンスをする(図12)。そして、現実的結果とコンピュータ結果を対比させ気づいたことを話し合う。第2時から第4時では、「いるかはざんぶらこ」を取り上げる。第2時で、児童らは、Kinectの前で「いるかはざんぶらこ」に合わせてダンスをする。そして、児童らは、「ぼう人間」が「いるかはざんぶらこ」のダンスができるように、他の児童ら動きを取り入れながら、ダンスの振り付けをつくる。このように児童らは、コンピュータ結果をもとに現実モデルを修正する。第3時で、授業者は、児童らが「いるかはざんぶらこ」に合わせてダンスをしている現実的結果とコンピュータ結果をプロジェクターを用いて児童らに示す。児童らは、まず、他の班のコンピュータ結果を見て、現実的結果を予想する。次に、他の班の現実的結果とコンピュータ結果を対比することで、他の班による現実モデルの修正について話し合う。第4時で、児童らは、Kinectの前で「いるかはざんぶらこ」に合わせてダンスをする。そして、児童らは、「ぼう人間」が「いるかはざんぶらこ」のダンスができるように、第3時で授業者が示した他の児童ら動き等を取り入れながら、ダンスの振り付けを再度つくる。このように児童らは、コンピュータ結果をもとに現実モデルを再度修正する。



図12 Kinectの前でダンスをしている様子(いるか班)

3.1. 第1時の授業の実際

Kinectに対する前後の動きについては、4名の児童が指摘している。例えば、児童KHは、「パンチをすると下にな

る」と回答している。この児童は、Kinectに向けて手を前に出す動きについて、現実的結果とコンピュータ結果を対比すると異なる点があることを指摘している。自身の腕や脚が自身や他の児童の身体に重なる動きについては、15名の児童が指摘している。例えば、児童MMは、「となりの人と手が合わさるとどうめいになる」と回答している。この児童は、自身の手と隣の児童の手を重ねる動きについて、現実的結果とコンピュータ結果を対比すると異なる点があることを指摘している。

3.2. 第2時から第4時の授業の実際と児童らのモデリングの説明

授業者は児童に対して、「いるかはざんぶらこ」の歌詞に合わせたダンスを創作し、3月18日に開催される6年生を送る会で披露することを伝えた。その際、「ぼう人間」を初めて見る6年生が、実際Kinectの前の2人がどのようなダンスをしているのか、わかるようにダンスを工夫するよう指示を出した。

第2時で、かえる班の児童らは、Kinectの前の2人が交互にKinectに対して前後に歩くことで歌詞「かえるはかえる」を表現した。第3時で、授業者は、かえる班の児童らが歌詞「かえるはかえる」を表現している現実的結果とコンピュータ結果を電子黒板を用いて児童に示した。児童YDは、かえる班の現実的結果とコンピュータ結果を対比している(図13)。

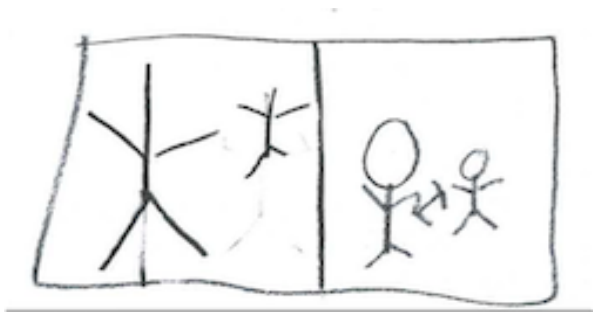


図13 児童YDが描いた数学的結果と現実モデル

児童YDは、図13の左側で、コンピュータ結果を表現している。図13の右側で、左側にはない矢印を用いてKinectの前の2人の距離を表現している。図13の左側は、数学的表現である「ぼう人間」を表しているため、数学的結果である。図13の右側は、Kinectの前の2人の動きを表しているため、現実モデルである。児童YDは、KinectとKinectの前の2人の距離を意識している。ここで、KinectとKinectの前の2人の距離が近づくと「ぼう人間」が大きくなり、遠ざかると「ぼう人間」が小さくなるという数学的モデルを想起していると言える。

第2時で、いるか班の児童らは、両手を自身の身体の前でうねらせて歌詞「いるかはざんぶらこ」を表現した。第3時で、授業者は、人と人が重なる際の現実的結果と、人と人が重なると重なった部分の「ぼう人間」の一部が消えてしまうというコンピュータ結果を電子黒板を用いて児童に示し

た。いるか班の児童YUは、人と人が重なる際の現実的結果とコンピュータ結果を対比して、「人とかさならないようダンスをしたほうが・・・」とワークシート上で現実モデルの修正点について指摘している。この児童は、Kinectに対する2人の身体的位置関係について指摘している。ここで、Kinectに対して2人の身体が重なると「ぼう人間」の一部が消えてしまうという数学的モデルを想起していると言える。第4時で、いるか班の児童らは、想起された数学的モデルをもとに、Kinectから見て自身の腕が自身の身体が重ならないように、身体の横で両腕をうならせ、足を曲げ、全身で歌詞「いるかはざんぶらこ」を表現するように現実モデルを修正した(図14)。



図14 児童YUらが歌詞「いるかはざんぶらこ」に合わせてダンスをしている様子(第4時)

児童らはKinectを用いてダンスをする際、現実モデルを修正していた。また、Kinectを用いてダンスをすることによって、数学的モデルが想起されていた。そして児童らは、想起された数学的モデルをもとに現実モデルを修正していた。

4. おわりに

筆者は、埼玉県内公立小学校第3学年児童を対象としたモデリング授業を実践した(図15)。今後は、Kinectを用いてダンスをした経験のある児童と、経験のない児童による現実モデルの修正について比較する。また、Kinectを用いてダンスをした経験のある児童による現実モデルの修正の経年変化についてもみていく(松井・松寄、印刷中)。

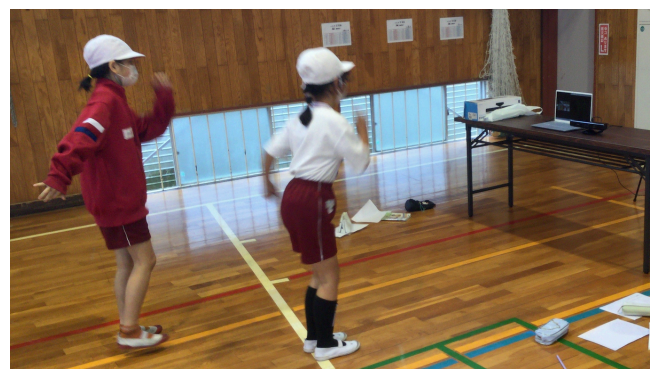


図15 Kinectの前でダンスをしている様子

引用・参考文献

- Blum, W., & Leiß, D. (2007). How do students and teachers deal with modelling problems?, In C. Haines, P. Galbraith, W. Blum, & S. Khan. (Eds.), *Mathematical Modelling (ICTMA12): Education, Engineering and Economics*, pp.222-231, Horwood.
- Greerath, G. (2011). Using technologies: New possibilities of teaching and learning modelling – Overview, In G. Kaiser, W. Blum, R. Borromeo Ferri, & G. Stillman. (Eds.), *Trends in Teaching and Learning of Mathematical Modelling: ICTMA 14*, pp.301-302, Springer.
- Greerath, G., Siller, H. S., & Weitendorf, J. (2011). Modelling considering the influence of technology, In G. Kaiser, W. Blum, R. Borromeo Ferri, & G. Stillman. (Eds.), *Trends in Teaching and Learning of Mathematical Modelling: ICTMA 14*, pp.315-329, Springer.
- Matsui, Y. (2021, December). What are mathematical representations using Kinect's motion capture function? Toward the development of teaching materials intended to connect mathematical and physical representations, Oral presentation at 9th International Conference of Research on Mathematics and Science Education, Online.
- Matsui, Y. (2022, December). Planning and practicing modelling lessons for elementary school pupils using motion capture function of Kinect : Focusing on modifying and improving real models based on mathematical models, Oral presentation at 10th International Conference of Research on Mathematics and Science Education, Online.
- 松井雄一郎・松寄昭雄 (2022a) 「モーション・キャプチャ機能による数学的表現をもとにした身体的表現の工夫ー茨城県内国立大学学部学生を対象としたワークショップの実践を通してー」『2022 年度第 26 回数学教育学会大学院生等発表会予稿集』 pp.26-31
- 松井雄一郎・松寄昭雄 (2022b) 「Kinect のモーション・キャプチャ機能に着目した現実モデルの修正ー埼玉県内公立小学校第 2 学年児童を対象とするダンスを取り入れたモデリング授業実践ー」『日本科学教育学会第 46 回年会論文集』 pp.418-421
- Matsui, Y., & Matsuzaki, A., (2022, September). How kinect's motion capture function functions for modelling? Focus on modifying real models through dance, Live presentation at ICTMA20, Online.
- 松井雄一郎・松寄昭雄 (2023, 印刷中) 「Kinect のモーション・キャプチャ機能に着目した現実モデルの修正の変化ー埼玉県内公立小学校児童を対象とするダンスを取り入れたモデリング授業実践ー」『2023 年度第 27 回数学教育学会大学院生等発表会予稿集』
- 松寄昭雄・塚原康介 (2016) 「ICTs の諸機能に着目したモデリング評価に関する一考察ー教具レゴとグラフ電卓を併用した実験・観察型アプローチによるモデリング・ワークショップー」『日本科学教育学会研究会研究報告』 30, (6) , pp. 33-38
- 大川健史・小篠拓央・松寄昭雄 (2013) 「数学科と体育科の総合による表現のつながりーモーション・キャプチャ機能を有する ICT とダンスの創作を通してー」『日本科学教育学会第 37 回年会論文集』 pp.361-362