

チームティーチングにおける 授業リフレクション支援システムの開発

松田 海里¹ 高野 辰之² 宮川 治³ 小濱 隆司³

概要：複数人の教授者が協力しながら授業をするチームティーチングにおいて、教授者間で役割を分担しながら授業を行うことが難しいという調査がある。この課題に関して、複数人の教授者の行動を記録し授業リフレクションを行うことで解決の一助になると考えた。本研究では、三次元測位装置により授業中の教授者の行動を記録し、3DCG による提示を提供するシステムを開発する。本システムを利用することで、チームティーチング時の行動を振り返ることができ、授業リフレクションをより効果的に行えることが期待される。教授者の行動を記録する方法として、三次元測位装置では超音波と赤外線を用いる。また、3DCG による提示では複数人の教授者の位置や向きの変化などを再現する。再現では視点の変更や一時停止などの操作をしながら授業時の行動を見ることができる。今回は本システムの運用前の評価として、実験を行い、教室における複数人の教授者の行動の記録と提示について検証した。本稿では本システムとその評価について報告する。

1. はじめに

チームティーチングによる授業は、複数人の教授者が協力しながら授業をする。これにより、一斉授業であっても各々の学生に対応した授業をすることができる [1]。

チームティーチングでは教授者間で授業における役割を分担する形式がある。例えば授業進行役と机間巡視役にわかれ、授業の進行と学生の巡視を同時に行うことや、授業進行役と進行補佐役にわかれ、教授者同士でコミュニケーションをとりながら授業を進行するものなどがある。役割分担を行うチームティーチングでは、単一の教授者による授業では行えないことができるため、授業の幅が広がり有効であると考えられる。しかし、チームティーチングを行っている時に役割分担をすることは難しいといわれている [2]。この事に関して、授業後に授業リフレクションをすることによって、役割に応じた適切な行動をとることができると考えた。

授業リフレクションとは授業中の教授者の行動を振り返ることである。授業リフレクションでは、どのように授業

したかを映像で記録し参照することで、効果的に振り返ることができる。しかし、映像による記録は、教授者だけでなく学生に対してもカメラが向けられることから、学生に対して授業と関係のない緊張感を与える可能性がある [3]。

そこで、教授者の位置や体の向きの変化を三次元測位装置により記録し提示する。この方法により、カメラを使用せずに授業中の教授者の行動を確認できる。本研究では授業中における複数人の教授者の位置を記録し提示するシステムを開発する。

2. システム概要

本研究では複数人の教授者における机間巡視中の位置や体の向きの変化を記録、提示できるシステムを開発する。システムは記録システム及び提示システムから構成される。システムにおいて授業中に記録し、リフレクション時に提示する情報は以下に示すものとする。

- 教授者の位置
- 教授者の体の向き

教授者の位置は、教室の平面的な位置と、高さ方向の位置とする。平面的な位置を記録することで、巡視した経路を記録する。また、学生に指導する際、座っている学生の視線の高さまでかがむなど、高さ方向の位置の変化が生じる場合がある。高さ方向の位置の変化を含めて記録することで、より詳細な指導時の行動を記録する。また、位置と体の向きを記録することで、どの学生を見ていたのかを記

¹ 東京電機大学大学院情報環境学研究科
Graduate School of Information Environment, Tokyo Denki University

² 関東学院大学理工学部
College of Science and Engineering, Kanto Gakuin University

³ 東京電機大学システムデザイン工学部
School of System Design and Technology, Tokyo Denki University

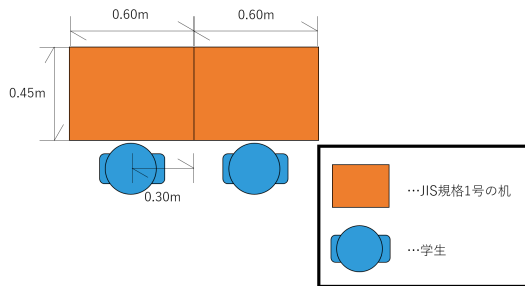


図1 机を隣接させる座席配置と許容できる位置の誤差

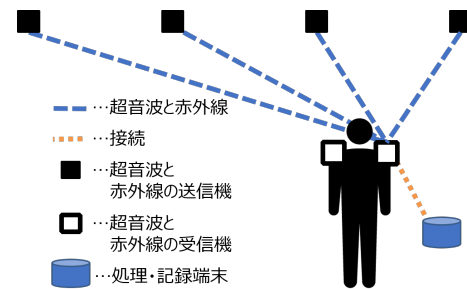


図2 記録システムの外観

録する。これらの情報を複数の教授者について時間的に記録することで、位置の変化を提示する。記録された机間巡視の情報は提示システムによって3DCGを用いて再現される。提示された結果を見ることで、チームティーチングにおける教授者の行動を確認できる。なお、授業時に学生の位置を記録しておくことで、提示システムにおいて再現することができる。

2.1 要求仕様

教授者が机間巡視時にする行動には巡回や学習者への指導があり、これらの行動を記録できる程度の精度で測位する必要がある。これらの行動を記録し提示するにあたって、教授者がどの学習者に対して注意を向けているかは重要となる。そのため、注意を向けている学習者について、隣り合う学習者と誤認しない程度の精度が求められる。ある学習者と隣り合う学習者との距離は教育機関の座席の配置間隔により異なる。そこで多くの小学校で採用されている机を隣接させる形式を想定する。学習者は机の正面に座るものとし、机の大きさはJIS規格における教育机の1号の机を想定する。なお、1号の机の天板の大きさは長さ0.60m、幅0.45mである。以上の条件の時、隣り合う学習者間の距離は0.60mであり、学習者同士を誤認しない距離はおおよそ半分と考える。よって0.30m未満を許容できる位置の誤差とした。机を隣接させる座席配置と許容できる位置の誤差を図1に示す。

3. 記録システム

記録システムの外観を図2に示す。本システムでは超音波の伝搬時間による三次元測位をおこなう。同期信号として赤外線を使用する。測位する環境の天井には超音波と赤外線の送信機を設置し、測位対象となる教授者には受信機を装着する。受信機は教授者の両肩に配置する。両肩にそれぞれ取り付けることで、両肩の位置を記録し、教授者の体の向きの変化を記録する。受信した超音波と赤外線のデータは記録・処理端末に時刻情報とともに記録する。記録・処理端末では超音波と赤外線のデータから送受信機間の距離データに変換後、受信機の位置データに変換する。

本システムにおける記録範囲の単位をエリアと呼ぶ。1

エリアは超音波周波数の異なる9台の送信機から構成される。それぞれの周波数と送信機の位置を対応付けておくことで、受信したデータから受信機の位置を推定できる。エリア間の距離を計測しておくことで、エリアを複数配置し測位範囲を拡大することができる。測位には、受信した超音波のうち3台分の送信機による超音波の伝搬時間を使用する。

3.1 記録システム構成

記録システムは赤外線・超音波データの作成、送受信機間の距離データの作成、受信機位置データの作成を行う。

赤外線・超音波データの作成は赤外線と超音波の送信機、受信機、処理・記録端末を用いる。送信機は送信モジュールと送信制御装置からなる。送信モジュールは1エリアにつき9個必要となり、送信制御装置はエリアの数必要となる。受信機は受信モジュールと受信制御装置とからなり、処理・記録端末と接続する。受信機は測位対象者となる教授者1人につき1台必要とある。赤外線・超音波データは処理・記録端末に出力される。

送受信機間の距離データの作成は赤外線・超音波データと送信モジュールの位置データを用いる。送信モジュールの位置は既知とする。受信機位置データの作成は送受信機間の距離データから受信機の位置を求める。

3.1.1 送信モジュール

送信モジュールの画像を図3に示す。送信モジュールは超音波送信機、赤外線送信機、ケーブルのコネクタから構成される。壁や天井に貼り付け使用する。送信モジュール-送信制御装置間の接続ケーブルとしてネットワークケーブルを使用する。超音波送信機は送受信機間の距離を求めるために使用する。赤外線送信機は送受信機間の同期及びエリアコード(エリアの識別番号)の送信のために使用する。送受信機間は接続されていないため、赤外線信号の到達によって同期をする。同期は事前に設定したエリアコードが到達した場合におこなう。赤外線を送信する素子として4個のチップLEDを使用した。これは送受信機間の距離を1エリア内における最大の距離だけ離しても受信できる程度のパワーを有するものを使用した。このときのエリアの大きさは、幅3.6m、奥行2.7m、高さ2.7mの環境を想定

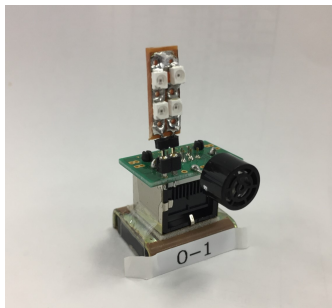


図 3 送信モジュール



図 5 送信モジュールの配置

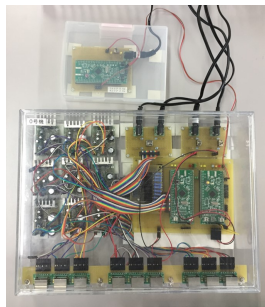


図 4 送信制御装置のスレーブとマスター

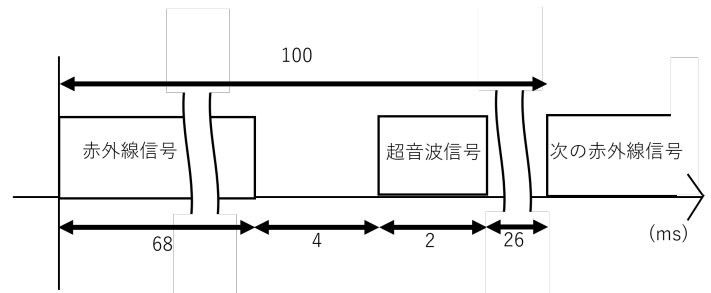


図 6 赤外線信号と超音波信号の送信イメージ

した。

3.1.2 送信制御装置

送信制御装置にはスレーブとマスターの2種類がある。送信制御装置のスレーブとマスターを図4に示す。スレーブは送信モジュールから送信する信号を作成する。内部には超音波信号と赤外線信号を作成するマイコンとアンプ回路がある。マイコンにより信号が作成された後、アンプ回路により増幅され、送信モジュールから出力される。アンプ回路は使用する各超音波信号の周波数についてゲインを調整した。ケーブルのコネクタが9個あり、送信モジュールと接続ができる。接続された送信モジュールに対し、それぞれに異なる周波数の超音波信号と赤外線信号を作成し送信する。扱える超音波周波数は42kHzから64kHzまでの9種類である。超音波信号は2msの間送信される。

1エリアにつき1台のスレーブが信号を管理する。各スレーブはそれぞれ異なったエリアコードを持つ。これにより受信機はどのエリアの信号を受信したのか識別できる。なお、エリアコードは2進数4ビット(16種類)で定められる。

1エリアにおける送信モジュールの配置は格子の交点としている。図5に送信モジュールの配置を示す。周波数の配置は、近い周波数が隣り合わないようになっている。

マスターは接続された複数のスレーブの赤外線・超音波信号の出力タイミングを管理する。図6に赤外線信号と超音波信号の送信イメージを示す。マスターが1台のスレーブに対して出力タイミングを送信する周期は100msである。

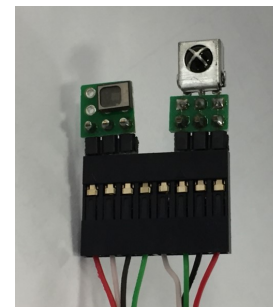


図 7 受信モジュール

3.1.3 受信モジュール

受信モジュールの画像を図7に示す。受信モジュールは赤外線受信機、超音波受信機からなる。測対象者となる教授者の両肩に1台ずつ装着する。

3.1.4 受信制御装置

受信制御装置の画像を図8に示す。赤外線受信機により赤外線信号を受信した後、超音波受信機より超音波信号を受信する。赤外線の受信について、エリアコードが含まれる信号を受信したときのみ超音波信号を受信する。使用している超音波の最大周波数が64kHzであることから、150kHzのサンプリング周波数とした。これはサンプリング定理に則り定めた。赤外線信号の受信時間は送信されるコードをすべて受信するまでとした。受信した超音波信号はアンプ回路により増幅した後、サンプリングされ、12bitで量子化、符号化される。サンプリングポイント数は4000ポイントであり、エリアコードなどの赤外線信号の情報とともに赤外線・超音波データとして処理・記録端末に書き出す。

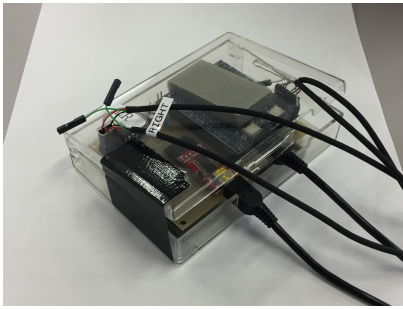


図 8 受信制御装置

3.1.5 赤外線・超音波データと距離データの変換

処理・記録端末に記録された赤外線・超音波データのヘッダーの情報としてエリアコードが含まれる。赤外線・超音波データのボディには複数の送信モジュールから送信された超音波信号が含まれる。次に短時間離散フーリエ変換 (STDFT) により周波数分解をし、各送信モジュールの周波数ごとの超音波データを作成する。STDFT の長さは 300 ポイントとした。

各送信モジュールの周波数ごとの超音波データを移動平均フィルタにより平滑化しノイズを取り除く。移動平均フィルタの長さは 297 ポイントとした。平滑化後の各周波数ごとの赤外線・超音波データを時系列上に並べ、超音波の受信開始点を求める。また、あらかじめ記録していた測位環境の室温を用い、測位時の超音波信号の音速を求める。超音波信号の速さは、音速 331.5km/s に対して、0.61 に室温を乗じた値を足すことで求められる。超音波の受信開始点は、受信信号を時系列波形とした時の最大の傾きが発生した点の接線と、軸の交点とする。それぞれの超音波信号の受信開始点によって各送受信機間の距離データを求める。

3.1.6 距離データと位置データの変換

距離データは 1 エリア内の 9 個の送信機と受信機の距離を含む。これらから、三点測位に用いる受信信号を選定するため、各受信信号について重みづけをする。重みづけのルールを以下に示す。

- (1) 受信開始点が移動平均フィルタ長よりも小さい時点にある場合は重みの値を 0 にする
- (2) 受信開始点以降の 450 ポイントがそれぞれ 1 ポイント前のデータより小さい場合は重みの値を 0 にする
- (3) 信号の最大値が大きさ 2000 未満なら重みの値を 0 にする
- (4) 上記以外ならば重みの値を信号の最大値にする

ルール 1 は移動平均フィルタ長よりも小さい時点にある場合は信号の大きさを求められないため定めた。ルール 2 は移動平均フィルタで除くことのできないノイズを除くために定めた。これは信号の最大値を受信してから 450 ポイント目までの間、信号の大きさが上昇し続けるノイズが発生しないという前提に基づいている。ルール 3 は受信信号

の大きさが著しく小さいものに関して、距離誤差の発生率が比較的高かったため定めた。ルール 4 によってゲインが大きい信号ほど重要度を高くつけるように定めた。ゲインが大きい信号は送信機の距離が短く、距離誤差の発生率が比較的低いため、このような重みづけルールとした。

各受信信号の中から、重みの値が大きいものを 4 個選択し、三点測位をする受信信号の候補とする。候補のうち、上位 3 個の受信信号を送信した送信モジュールの位置が直線上に並ぶ場合、上位の 2 個と 4 番目の受信信号を使用する。上位 3 個の受信信号を送信した送信モジュールが直線状に並ばない場合、それらの受信信号を使用する。これは三点測位に用いる送信モジュールが直線上に並ぶ場合、求める位置を一点に定められないためである。以上により選定した 3 台の送信モジュールと受信機の距離から三点測位をする。

3.2 三点測位アルゴリズム

三点測位のアルゴリズムについては、松岡らの述べる送受信機間の距離から三方程式を立て解く方法をとった [4]。許容できる位置の誤差である 0.30m 未満を満たすための、このアルゴリズムの許容される距離の誤差は 0.10m である。

3.3 記録データ形式

記録されるデータは赤外線・超音波データ、距離データ、位置データである。このうち最終的に出力するデータは位置データであり、その他のデータは中間データである。

距離データには一回分の超音波信号についての送受信機間の距離が記録される。1 エリア内の各超音波信号のデータが含まれる。1 台の受信モジュールにつき 1 個の距離データを書き出すため、左肩と右肩の距離データはそれぞれ別のデータとして記録される。距離データの形式を表 1 に示す。x, y, z は測位を行う環境のうち、基準となる送信機を原点とした時の送信機の座標である。時刻は受信時の時刻を示す。左肩と右肩のデータは同時に書き出されるため、同時刻となる。maxValue はノイズを含めたゲインの最大値を示す。ノイズを含んでいるため有効でない場合がある。weight はノイズを取り除いた、有効なゲインの最大値を示す。

位置データには距離データにより求めた受信機の位置が記録される。位置データの形式を表 2 に示す。x, y, z は 1 エリア内における位置座標を示す。

4. 提示システム

授業中の教授者の位置情報は時刻によって変化をする。本提示システムは時刻で変化する教授者の位置情報と、学生や教室を 3DCG を用いて表現するものである。3DCG のモデルには教室、机、教授者、位置情報、学生がある。3DCG はブラウザにて表示することができる。提示画面を

表 1 距離データ形式

項目	概要
x,y,z	送信機の座標
distance	送受信機間の距離
area	受信した信号のエリア番号
frequency	信号の周波数
time	受信時の時刻
maxValue	ゲインの最大値
weight	信号の重要度
xPoint	信号波形の傾きが最大の点

表 2 位置データ形式

項目	概要
x,y,z	受信機の座標
area	受信した信号のエリア番号
time	受信時の時刻

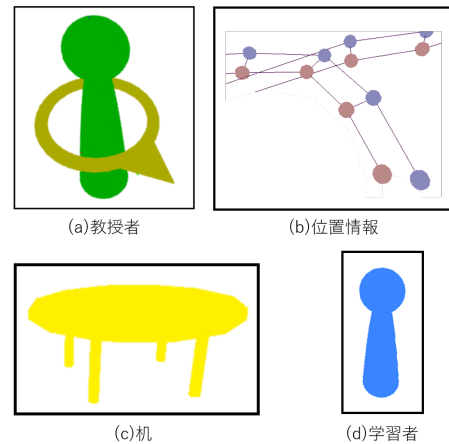


図 10 3DCG のモデル

のデータファイルはモデリングサイト TinkerCad[5] により作成した。

4.2 モデリング

3DCG のモデルを図 10 に示す。教室や机のモデルは机間巡視の記録を行う環境のものを測量、モデリングし使用する。教授者のモデルには向きのモデルを含める。複数の教授者のモデルを表示する際には、教授者のモデルごとに異なるマテリアルの明度を用いる。位置情報のモデルは球のモデルで表現する。右肩の位置情報のモデルにおけるマテリアルは青色、右肩の位置情報のモデルにおけるマテリアルは赤色に設定する。位置情報のモデルは記録された位置情報の時刻に応じてマテリアルの明度を変更する。ある時刻における位置情報のモデルのマテリアルは明度を上げ、それ以外のモデルのマテリアルは明度を下げる。これにより特定の時刻における位置情報を確認できる。また、位置情報のモデル間を線で結ぶことで教授者の巡視経路を確認できる。

4.3 実装

本システムは教授者の経路と、ある時刻における教室のスナップショットを表現するものである。位置情報は位置データに記録された三次元の座標に、位置情報のモデルを表示することで表現する。スナップショットにおける、ある時刻の教授者の位置は以下の手順により表現する。まず、明度を上げた位置情報のモデルをある時刻の位置データの座標に表示する。次にその位置情報のモデルに合わせて教授者モデルを配置する。

スナップショットの時刻を進退させることで、その時刻の教室の状態を提示することができる。スナップショットの時刻は早送り、早戻し、一時停止、再生ボタンにより進退できる。また、提示を開始すると、通常の実時間の流れでスナップショットの時刻を進めることができる。

教授者のモデルは直立時の肩の高さを 1.5m を想定して

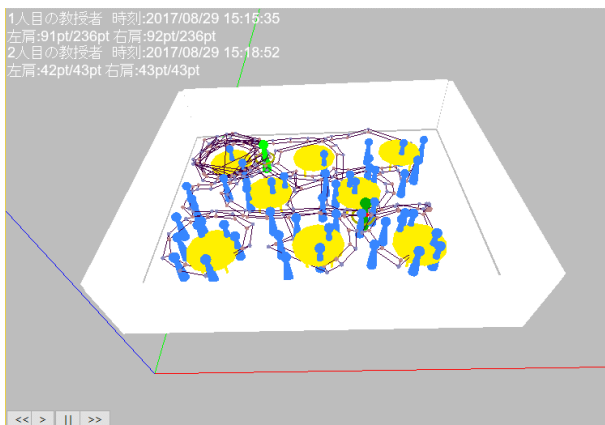


図 9 提示画面

図 9 に示す。

4.1 ファイル構成

本システムのファイル構成は html ファイル、JavaScript ファイル、3DCG モデルのデータファイルからなる。html ファイルは画面に提示する CG や UI、提示状況を表すテキストを表示する。UI は CG の停止、再生などの操作ができるボタンを表示する。JavaScript ファイルは 3DCG の制御ファイル、教授者や学生、机、教室の位置データからなる。3DCG の制御は教授者の位置データの位置情報と時刻により教授者と位置情報のモデルを移動する。また、UI のボタンに対応した制御処理をする。制御するにあたって、位置データは記録された教授者の全位置データを配列に変換し 1 個のファイルにまとめ使用している。学生、机、教室の位置データとして、それぞれの三次元位置が記載されている JavaScript ファイルを用いる。また、学生の位置データが不明である場合は使用しない。

3DCG モデルのデータファイルはジオメトリ定義ファイル形式である OBJ 形式のファイル、およびマテリアル情報を扱う MTL 形式のファイルからなる。これらのモデル

おり、高さ方向が1.3m以下になるとマテリアルが赤に設定される。教授者が学生に対して指導を行っている際に、学生の手元を見ることで姿勢が低くなる傾向にあることから、簡易的に指導状況を振り返ることができる。

提示時は、表示しているデータについての文字情報を表示する。表示する文字情報を以下に示す。

- 各教授者のある記録データの時刻
- 各教授者のある記録データのインデックス

各教授者のある記録データの時刻は、表示しているデータが記録された時刻を示す。各教授者のある記録データのインデックスは、表示しているデータが全データ中何個目かを示す。全データの個数とともに表示する。

3DCGの挙動の制御にはライブラリ Three.js を使用した。カメラの動きの入力には OrbitControl.js を使用した。

4.4 操作

本提示システムはリフレクション時に使用され、リフレクションを行いやすいような操作が可能である。可能な操作は以下とした。

- 視点の変更
- スナップショットの時刻の早送り、早戻し、一時停止、再生

視点の変更は移動、拡大、縮小ができる。各教授者の行動についてそれぞれ注目することや、高さ方向の変化や巡視経路を確認することができる。スナップショットの時刻の早送り、早戻し、一時停止、再生は提示時の時間を操作できる。視点の変更は時刻を一時停止しているか再生しているかによらず行うことができる。

5. 実験

5.1 基礎実験

5.1.1 基礎実験概要

測位に使用する送受信機間の距離の精度を求める実験をした。送受信機間を一定の距離にし、距離を計測する。実際の距離と計測結果の距離の差分から精度を求める。計測時の誤差を考慮し、100回計測した平均値を用い、距離の誤差を求める。送受信機間の距離を1.00mから4.00mの間で1.00m間隔に、送信機の受信機に対する角度を0度と40度において計測した。送信機の角度40度は、使用している超音波送信機の送信パワーが半減する角度であるため調べた。

5.1.2 基礎実験結果と考察

送信機の角度0度による基礎実験結果を図11に、送信機の角度40度による実験結果を図12に示す。いずれの条件においても、要求仕様から求めた許容できる距離誤差0.10mを下回った。十分な精度が得られていることがわかった。

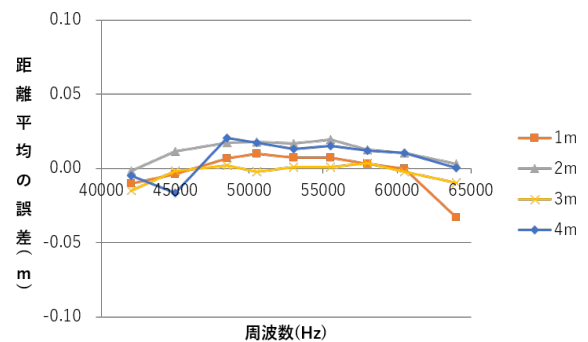


図 11 送信機の角度 0 度による基礎実験結果

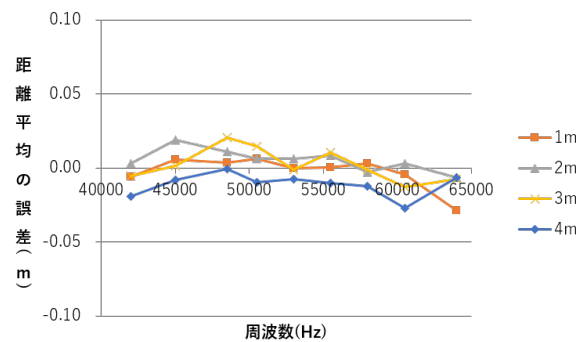


図 12 送信機の角度 40 度による基礎実験結果

5.2 測位実験

5.2.1 測位実験概要

本測位実験の目的は教授者の両肩に受信機を設置し、記録と提示が行えるかを検証することである。検証方法は、教授者が授業中に取りうる行動を記録システムとカメラを用いて記録し、提示システムによる提示結果とカメラ映像を比較することで行う。計測範囲は1エリアとし、教授者が取る行動は机の周回とした。記録時は、処理・記録端末のPCを持ちながら行動をする。なお、使用している測位アルゴリズム上、計算不能に陥る点が発生することが確認されている。そのような点については計算不能の点とし、それらの点を省いた位置データを使用し提示する。

5.2.2 測位実験結果と考察

ある時刻における提示結果とカメラ映像の比較を図13に示す。提示結果とカメラ映像の教授者の位置について、おおむね同じ位置にいることが確認できる。また、位置情報のモデルがいくつかカメラ映像では確認できない位置にあることがわかる。これらの外れた点を記録したデータから取り除くことで、提示結果を改善することができると考えた。

外れた点はいずれも両肩の間の距離が長いこと、両肩の間の距離が計測者の肩幅の2倍以上長いデータを外れ値を含む点とし、取り除くこととした。この計測者の肩幅は0.45mであったため、両肩の間の距離が0.90m以上のデータを取り除いた。記録したデータから外れた点を取り除い

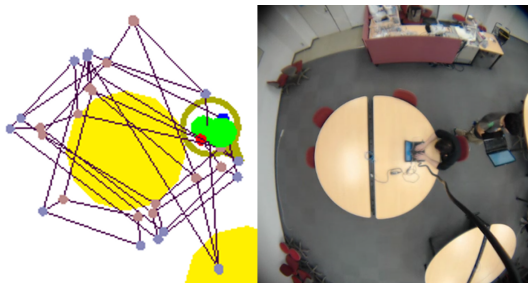


図 13 提示結果とカメラ映像の比較

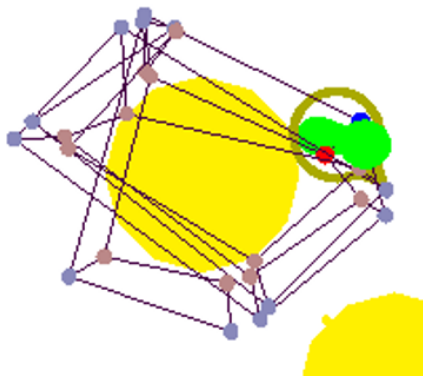


図 14 記録したデータから外れた点を取り除いた後の提示結果

た後の提示結果を図 14 に示す。外れた点を取り除くことで提示結果の改善が確認できた。記録データについて、肩幅の 2 倍以上離れたデータを外れ値とし、取り除くという前処理の必要性がわかった。

5.3 本実験

5.3.1 本実験概要

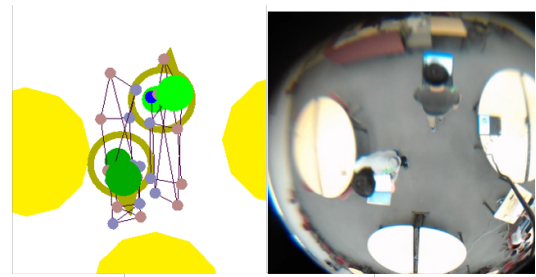
本実験の目的は複数人の教授者の両肩に受信機を設置し、行動の記録が行えるかを検証することである。検証方法は、記録時にカメラとボイスレコーダにより行動と発話を記録し、提示される 3DCG と比較することで行う。計測範囲は 1 エリアとする。

教授者役を 2 名、学生役を 1 名で行う。教授者役は、チームティーチング時に教授が取りうるいくつかの行動をする。

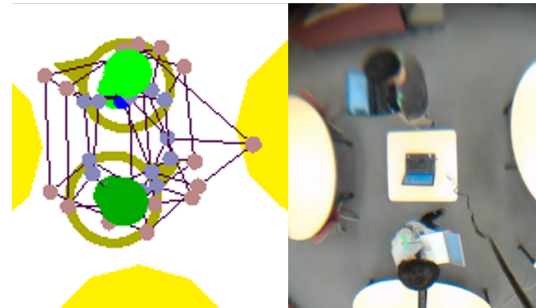
記録する教授者の行動を以下とした。

- 机の周回
- 1 人の学生に対する指導
- 直線上ですれ違う移動

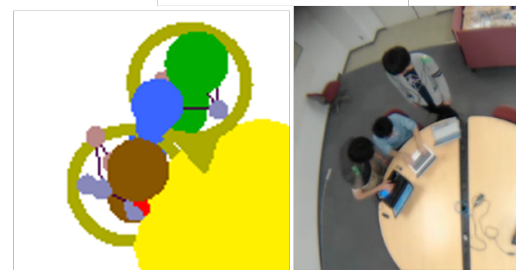
机の周回では、2 人の教授者が同じ方向に一定の間隔を空けて机の周りを移動する。1 人の学生に対する指導では、2 人の教授者で交互に指導行動をする。1 人の学生指導時の机の周回では、1 人の教授者が指導をしている間、もう 1 人の教授者が机を周回する。直線上ですれ違う行動では、2 人の教授者が一定の速度で逆方向に直線的に移動する。



(a)直線上の移動



(b)机の周回



(c)1人の学生に対する指導

図 15 抽出した本実験結果

100 回位置データを記録する間、これらの行動を繰り返して行う。指導の行動時のみ音声記録する。なお、測位実験にて明らかにした前処理を経て提示する。

5.3.2 本実験結果と考察

実験の提示結果について、見やすさのため、行動 1 回分のデータを抽出した。抽出した本実験結果を図 15 に示す。図 15-(a) 直線上の移動、(b) 机の周回において、どのような経路で移動したかが確認できる。このことより、提示結果から巡視経路を確認できることがわかった。

また、図 15-(c)1 人の学生に対する指導において、1 箇所に滞留していることが確認できる。このことから、ある場所に滞留することについて、確認できることがわかった。

1 人の学生に対する指導の横方向の結果を図 16 に示す。カメラ映像から 1 人の教授者が指導するために姿勢を低くしており、もう 1 人の教授者が直立した状態で学生の手元を見ている。提示結果においても、姿勢の違い、および指導時の強調表示により、指導中であることが表されている。このことより提示結果から指導しているであろう教授者が確認できることがわかった。

また、複数人の教授者について受信機を装着し、同時刻



図 16 1人の学生に対する指導の横方向の結果

に記録できることがわかる。

以上より、提示結果から巡視、指導行動を読み取ることができたため、システムによって複数人の行動の記録と提示ができることが確認できた。

6. まとめ

チームティーチングにおける授業リフレクションのため、超音波と赤外線を使用し机間巡視の情報を記録するシステムと、3DCGにより提示するシステムを開発した。提示システムでは巡視経路の表示や指導中の教授者の強調表示ができる。

測位実験をし、記録された値を肩幅の2倍の値を基準に前処理することで提示結果を改善できることがわかった。評価実験として、教授者がチームティーチング時に取りうる教授行動を抜粋し実際の教室で記録、提示する実験をした。実験結果から行動の記録と提示が確認できた。

今後は位置データの時間間隔の評価をするまた、実際に授業で利用しチームティーチングのリフレクションに利用できるか評価をする。

参考文献

- [1] 新井 郁夫, 天笠 茂: 学習の総合化をめざすチーム・ティーチング辞典, 教育出版, P13-14, 1999
- [2] 佐賀県教育委員会: 佐賀県小・中学校学習状況調査 Web 報告書, 入手先 <www.saga-ed.jp/kenkyu/scholastic_attainments_analysis/web_report_H22/ishiki_bunseki/teacher/6TTsyouninzuu.htm> (参照 2017-07-07).
- [3] 脇本 健弘, 荻宿 俊文, 八重樫 文, 望月 俊男, 酒井 俊典, 中原 淳: 初任教师メンタリング支援システム FRICA の開発, 電子情報通信学会, ET2011-77,(2011-12).
- [4] 松岡 俊佑, 藤枝 直輝, 市川 周一, 川口 秀樹: 超音波を用いたリアルタイム位置測位システムの開発, 日本 AEM 学会, Vol. 23, No.2(2015)
- [5] TinkerCad 入手先 <<https://www.tinkercad.com/>> (参照 2017-10-18).