

文部科学省委託事業
「学びのイノベーション事業」における
「リモート・コンサートホール」システムの開発に係る
実証研究業務に関する
事業完了報告書

平成25年3月

株式会社ピーパルシード

目次

1. はじめに	.....	3
2. 実施業務の概要	.....	3
(ア) 「リモート・コンサートホール」システムの開発	.....	3
(イ) ICT機器等に関する検証	.....	3
(ウ) システム利用マニュアル等の作成	.....	3
(エ) 業務組織体制, 実施体制について	.....	4
3. システム開発及び検証について	.....	5
(ア) 取組経緯	.....	5
(イ) 経過詳細	.....	6
(ウ) 今後の課題	.....	49
4. システム利用マニュアル等の作成	.....	50
5. 最後に	.....	51
6. 添付書類等	.....	53

1. はじめに

本書は、平成 24 年 7 月 31 日に締結した契約「文部科学省委託事業「学びのイノベーション事業」における「リモート・コンサートホール」システムの開発に係る実証研究業務」において、その取組経過、成果及び課題をまとめ、実施業務の概要を記述した物です。

2. 実施業務の概要

本事業では後述の組織体制、実施体制の元、以下の業務を実施しました。

(ア) 「リモート・コンサートホール」システムの開発

以下の機能を持つシステムを開発しました。

- ① 遠隔地間で合奏や合唱が行えるように低遅延・高音質での音声伝送機能。
- ② 複数拠点間である程度の同期を保った電子楽器による合奏ができるように、ネットワークを経由した MIDI データ送受信機能。
- ③ 分教室や病室には持ち込めない楽器を、本システムの一部としてタブレット PC 上に再現する仮想楽器機能。
- ④ 高価な専用機器を使用したシステムだけでなく、汎用的な機材とソフトウェアを使用して、ある程度の性能を発揮出来る汎用版システムの開発。

(イ) ICT 機器等に関する検証

以下の項目について、実証試験を行い、検証しました。

- ① ネットワークを経由した遠隔地間での音声伝送及び MIDI データ通信時の遅延等の性能比較及び評価。
- ② 遠隔地間で利用する際に必要なパソコンの CPU 及びメモリ等の性能に関する評価。
- ③ システムの稼働に必要なネットワーク性能に関する評価。
- ④ 無線 LAN 環境下での使用に関する評価。

(ウ) システム利用マニュアル等の作成

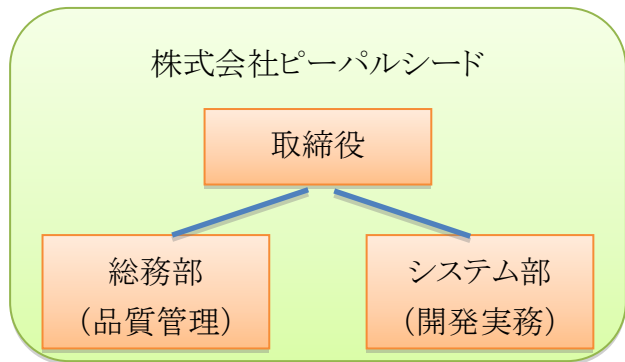
以下の資料を作成し、講習会を実施しました。

- ① 操作マニュアル
- ② 利用方法に関するガイドラインビデオの作成

(エ) 業務組織体制, 実施体制について

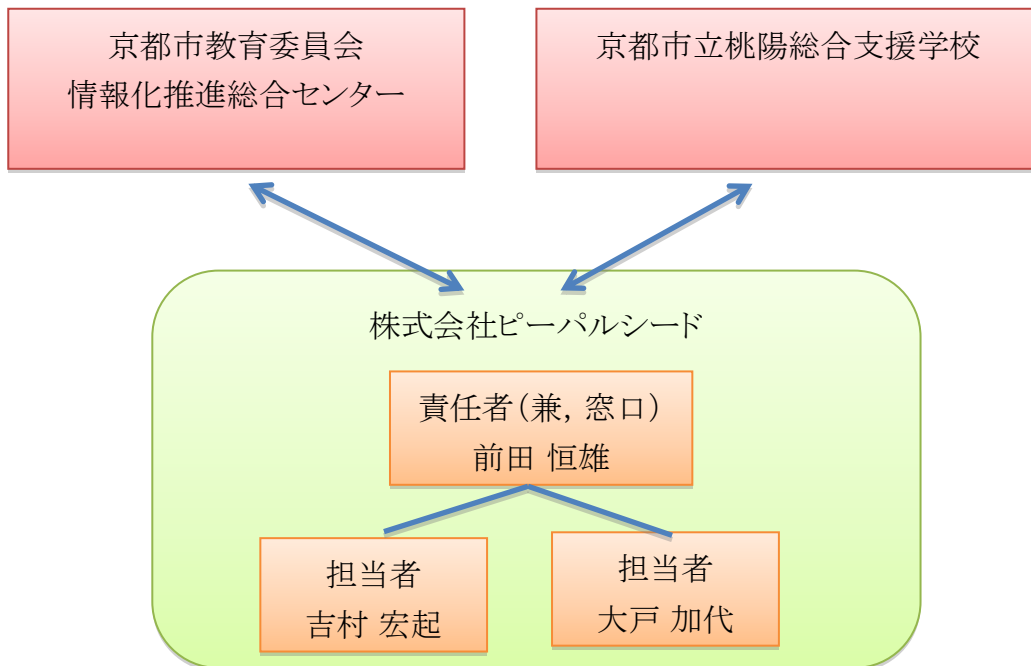
① 組織体制

当社組織体制は以下の通りです。
開発実務を担当するシステム部, 品質管理を担当する総務部, 各部を統括する取締役からなります。



② 実施体制と窓口

本業務に対する体制は以下の通りです。



3. システムの開発及び検証について

(ア) 取組経過概要

事業計画に従いプロトタイプ 1 版, 2 版, 最終版の 3 段階に機能提供, 試験を実施し, 以下の順に取組を実施しました。

年月日	概要	詳細
H24.9.7	打合せ実施	スケジュールと提供機能について打合せを実施
プロトタイプ第 1 版		
H24.9.27	プロトタイプ第 1 版試験提供	試験稼働の第 1 回を実施
H24.10.3	プロトタイプ第 1 版試験提供	試験稼働の第 2 回を実施
H24.10.12	プロトタイプ第 1 版試験提供	試験稼働の第 3 回を実施
H24.10.19	実運用試験実施	英語劇の音声部分を本校と府立間相互伝送
H24.11.21	地域協議会にてデモ実施	協議会会場と府立間音声伝送
プロトタイプ第 2 版		
H24.11.27	プロトタイプ第 2 版試験提供	試験稼働の第 1 回を実施
H24.12.5	実証校視察にてデモ実施	本校音楽室と府立間で授業を実施
H24.12.11	プロトタイプ第 2 版試験提供	試験稼働の第 2 回を実施
H24.12.20	プロトタイプ第 2 版試験提供	試験稼働の第 3 回を実施
最終版		
H25.1.18	システム専用機器設置	本校, 府立, 京大の 3 ヶ所に専用機器設置
H25.1.30	最終版試験提供	本校にて最終版試験提供と研修会を実施
H25.2.1	システム研修会	府立にて本校と同様の研修会を実施
H25.2.6	中学部音楽の校内授業に使用	本校と府立を結んで初めての交流学习実施
H25.2.13	中学部音楽の校内授業に使用	本校と府立を結んで 2 回目の交流学习実施
H25.2.15	研究発表会開催	本校と府立を結んで公開授業実施
H25.2.22	卒業生送る会準備	京大にて研修会実施 本校と府立, 京大を結んで練習実施
H25.2.25	卒業生送る会準備	本校と府立, 京大を結んで授業(練習)実施
H25.3.4	卒業生送る会準備	本校と府立, 京大を結んで授業(練習)実施
H25.3.12	卒業生送る会準備	本校と府立, 京大を結んで授業(練習)実施
H25.3.13	卒業生送る会	本校と府立, 京大を結んで実施

(イ) 経過詳細

下記のとおり、3段階に機能を提供した結果、各段階に置いて後述の成果を得られました。

【プロトタイプ第1版】

【目的】

プロトタイプ第1版での目的を以下に記述します。

- 提案時の方式を検証し、実務に使用出来るかを判断する。
- 二つの拠点間での音声伝送機能を提供し、遅延速度や音質について検証する。

【成果】

プロトタイプ第1版では、以下のとおり3回の試験稼働を実施しました結果、後述の成果が得られました。

第1回目：

本校の校内 LAN(有線)に接続した2台のPC間でのマイクを使った音声伝送試験(動作全般・遅延時間)を実施しました。その結果、動作及び遅延に関して問題がないことを確認しました。

第2回目：

本校と府立医大のネットワークに接続したPC間で、音声伝送試験を実施しました。高音質の音声伝送が出来ましたが、WAN越えのためか多少の遅延が発生したこともあり、調整を行った上で再試験を実施することになりました。

第3回目：

本校と府立間の音声伝送試験を実施しました。第2回目の試験で伝送に遅延が発生したことを受けて、調整を行った上で再試験を実施しました。遅延は少し発生しましたが、2拠点間での合唱・合奏に本システムを活用する実用化のめどが立ちました。

上記3回の試験稼働の結果以下の成果を得られました。

- 提案時の方式にて、遠隔地間で器楽合奏や合唱が行える程度の低遅延・高音質での音声伝送を実現出来ました。
- ネットワーク(WAN)を介した遠隔地間での音声伝送利用時の遅延等の性能比較及び評価を実施しました。
- 遠隔地間で利用する際に必要なパソコンのCPU及びメモリ等の性能を評価しました。

【詳細】

【第1回目】

9月27日(木)16時より桃陽総合支援学校 本校において、「リモート・コンサートホール」システム プロトタイプ第1版の試験稼働を実施いたしました。

【目的】

提案時の方式に基づきシステムを構成し、動作検証をおこない、実務に耐える遅延速度、音質であることを確認する。

【調査検証方法】

2 台の PC(下記, 機器構成イメージ図参照)間での音声伝送試験(動作全般・遅延時間)として, 以下の試験項目を実施しました。

試験項目1:

1 台の HUB に 2 台の PC を直接接続し, 試験を実施。

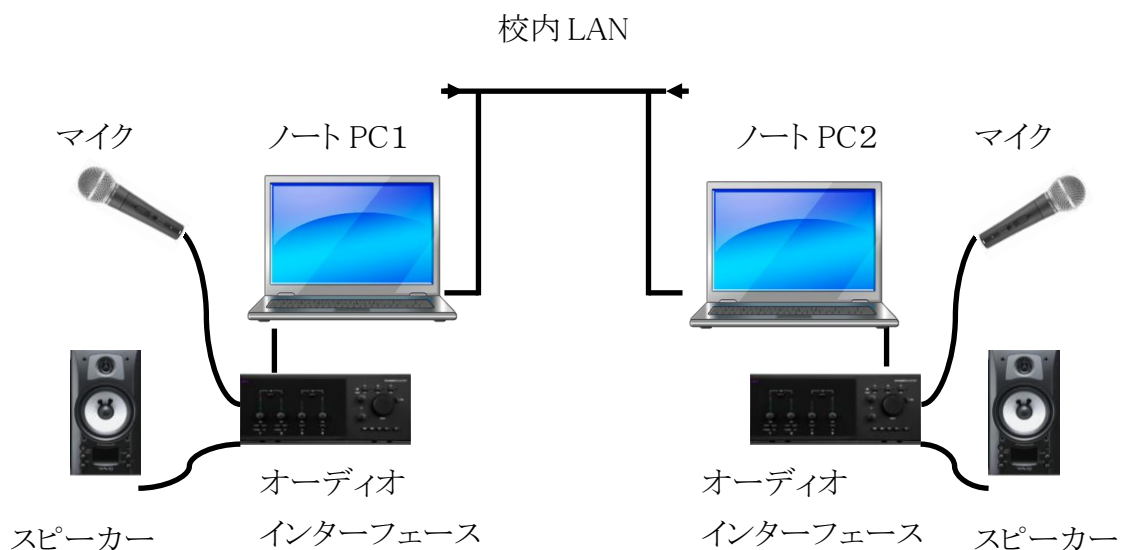
試験項目2:

本校の校内 LAN(有線)に接続し, 試験を実施。

音楽教室と普通教室間を結び, 音楽室のピアノ伴奏に合わせて, 別室の普通教室にて歌唱やタンバリンの演奏を実施。

以下に試験時の機器構成イメージ図, ソフトウェア構成イメージ図を記述します。

【機器構成イメージ図】



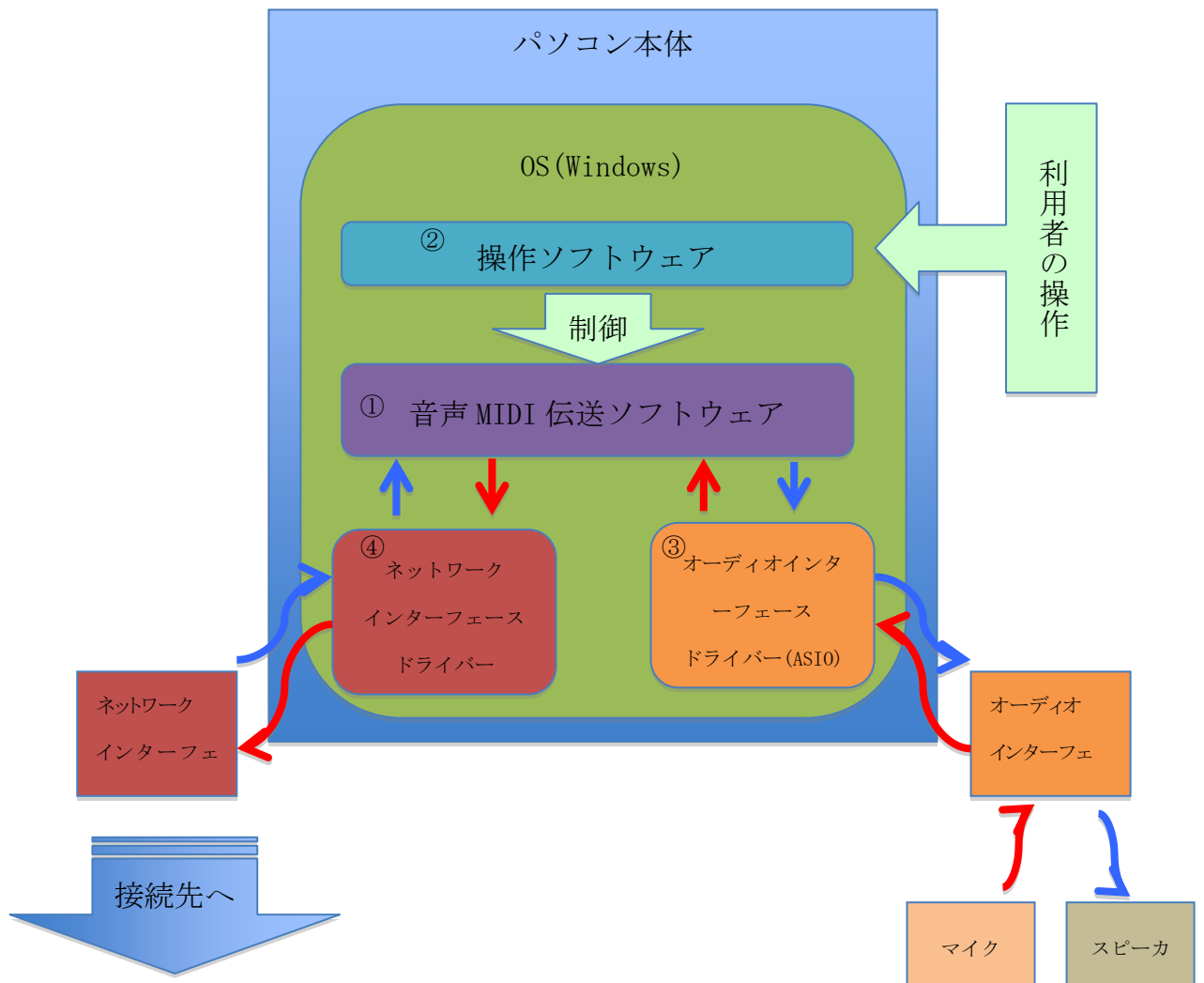
※ 校内 LAN

校内 LAN は 100BASE-TX を使用。


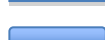


【ソフトウェア構成イメージ図】

本システムのプロトタイプ第1版時のソフトウェア構成イメージを以下に記述します。
大きく4つのソフトウェア部品から構成されており、OS上で動作します。

- ① 音声及びMIDIデータの伝送を行う部品です。
- ② 一つ目のソフトウェア部品を操作する部品です。
- ③ オーディオインターフェースを制御する部品です。
- ④ ネットワークインターフェースを制御する部品です。



凡例:

-  :ハードウェア
-  :ソフトウェア部品
-  :マイクからの音声入力若しくは音声データ
-  :スピーカへの音声出力若しくは音声データ

【結果及び結論】

プロトタイプ第1版の試験稼働第1回目の試験結果は以下の通りとなります。

試験項目1:

ノートPC1に接続したマイクにて集音された音声、ノートPC2のスピーカーから出力される事を確認しました。また、その逆方向についても動作確認しました。その際の遅延速度は200ミリ秒程度でした。

試験項目2:

本校内の別教室間で試験を実施しました。各ノートPCの接続先は校内LANに変更されましたが、遅延時間に大きな違いは無く、200ミリ秒程度でした。

最後に、試験に立会頂いた桃陽総合支援学校の方々にも協力頂き、教室間でピアノ伴奏に合わせて、歌唱、合奏を実施しました。実際の授業を模した形で本システムを使用し、動作及び遅延に関して授業で使用した場合に問題がないことを確認しました。

【第 2 回目】

10 月 3 日(水)15 時 30 分より, 桃陽総合支援学校 本校, 及び, 府立医大分教室において「リモート・コンサートホール」システムプロトタイプ第1版の第 2 回試験稼働を実施いたしました。

【目的】

今回の目的としては, 以下の 2 点になります。

1. ネットワーク網(WAN)を経由して, 音声伝送出来る事を確認し, 方式として問題無い事を確認する。
2. 前回の校内 LAN(有線)接続時と遅延時間を比較, 確認する。

【調査検証方法】

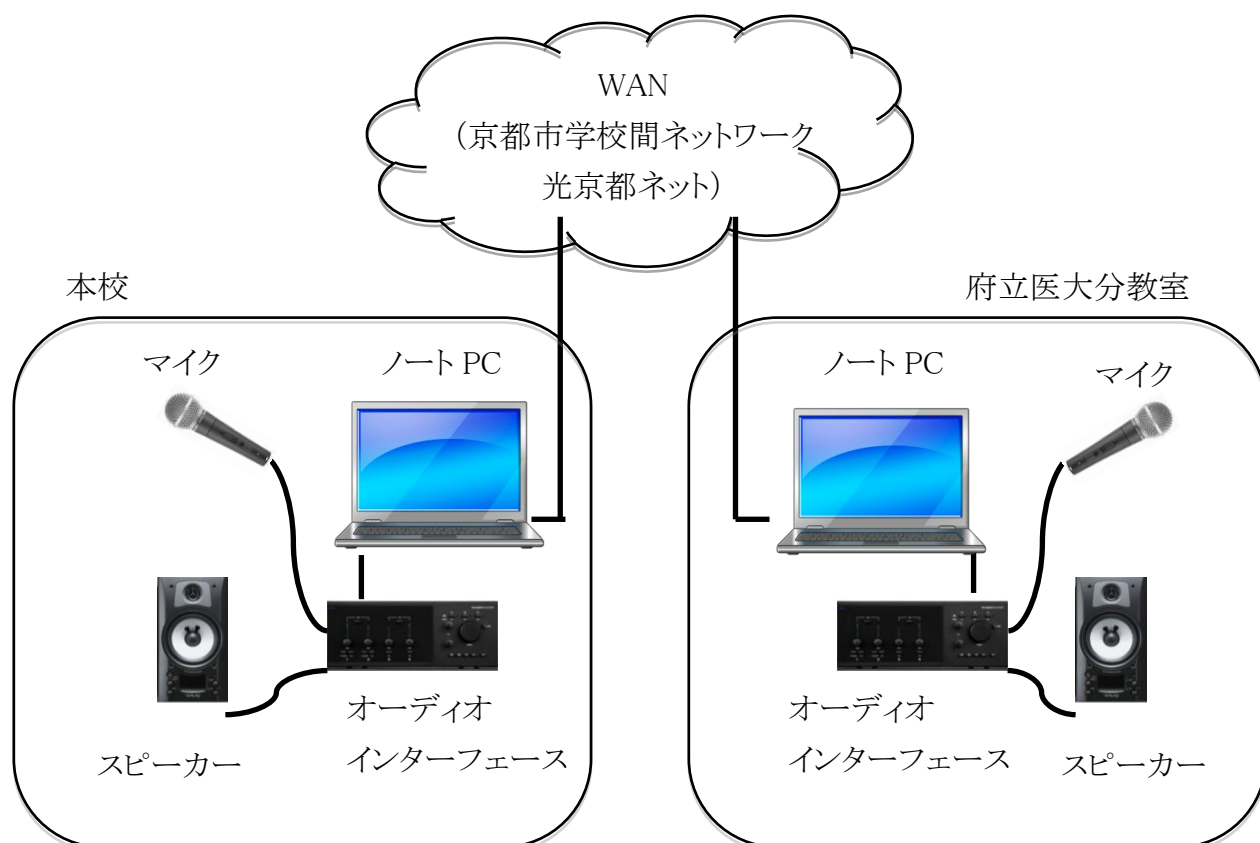
ネットワーク網(WAN)を経由した 2 台の PC(下記, 機器構成イメージ図参照)間での音声伝送試験として, 以下の試験を実施しました。

試験項目 1:

桃陽総合支援学校 本校と府立医大分教室に各 1 台 PC を設置, ネットワークに接続し, 各 PC 間でネットワーク網(WAN)を経由した音声伝送試験を実施。

以下に試験時の機器構成イメージ図, ソフトウェア構成イメージ図を記述します。

【機器構成イメージ図】



※ WAN

(京都市学校間ネットワーク 光京都ネット)を経由して接続しました。
又、校内 LAN は 100BASE-TX を使用しました。

【ソフトウェア構成イメージ図】

第 1 回目と同じソフトウェア構成となる為、省略します。

【結果及び結論】

プロトタイプ第1版の試験稼働第2回目の試験結果は以下の通りとなります。

試験項目1:

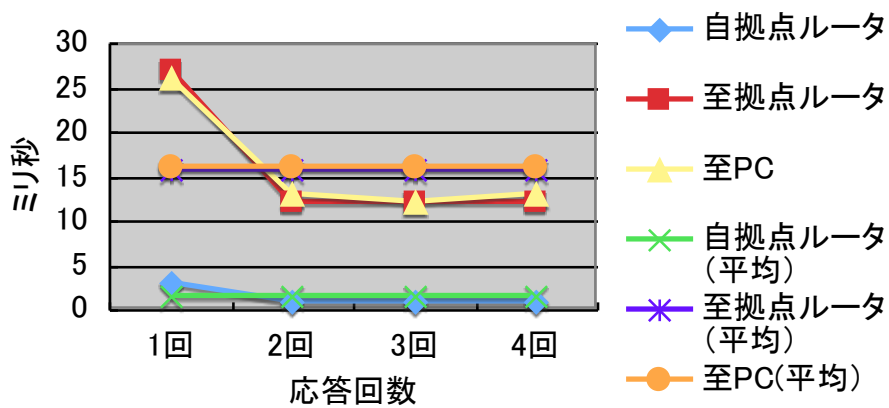
ネットワーク網(WAN)を経由し、十分な音質で音声伝送出来ました。よって、システム的方式として問題無い事を確認出来ました。

しかし、遅延時間については、桃陽総合支援学校 本校側のPCにて、オーディオインターフェースメーカー提供のドライバソフトウェアが正常に動作しないトラブルが発生した為、別のドライバソフトウェアを使用し試験を実施しました。

このトラブルにより、前回試験時の低遅延な状態のPCを使用して、WAN 経由の試験を実施出来ませんでした。以下の点について確認する事が出来ました。

- 往復伝送遅延時間としては、450 ミリ秒程度でした。
- ネットワーク網(WAN) 自体(データ通信)の遅延時間は、10 数ミリ秒でした。往復の時間が必要ですので30 ミリ秒程度は網の遅延になります。

pingコマンドによる応答時間



【第3回目】

10月12日(水)15時30分より、桃陽総合支援学校 本校、及び、府立医大分教室において「リモート・コンサートホール」システムプロトタイプ第1版の第3回試験稼働を実施いたしました。

【目的】

今回の目的としては、第2回目と同様に以下の2点になります。

前回トラブルが発生した為、十分な試験を実施出来なかった為、再試験を実施します。

1. ネットワーク網(WAN)を経由して、音声伝送出来る事を確認し、方式として問題無い事を確認する。
2. 第1回目の校内LAN(有線)接続時と遅延時間を比較、確認する。

【調査検証方法】

ネットワーク網(WAN)を経由した2台のPC(下記、機器構成イメージ図参照)間での音声伝送試験として、以下の試験を実施しました。

試験項目1:

桃陽総合支援学校 本校と府立医大分教室に各1台PCを設置、ネットワークに接続し、各PC間でネットワーク網(WAN)を経由した音声伝送試験を実施。

【機器構成イメージ図】

第1回目と同じソフトウェア構成となる為、省略します。

【ソフトウェア構成イメージ図】

第1回目と同じソフトウェア構成となる為、省略します。

【結果及び結論】

プロトタイプ第1版の試験稼働第3回目の試験結果は以下の通りとなります。

試験項目1:

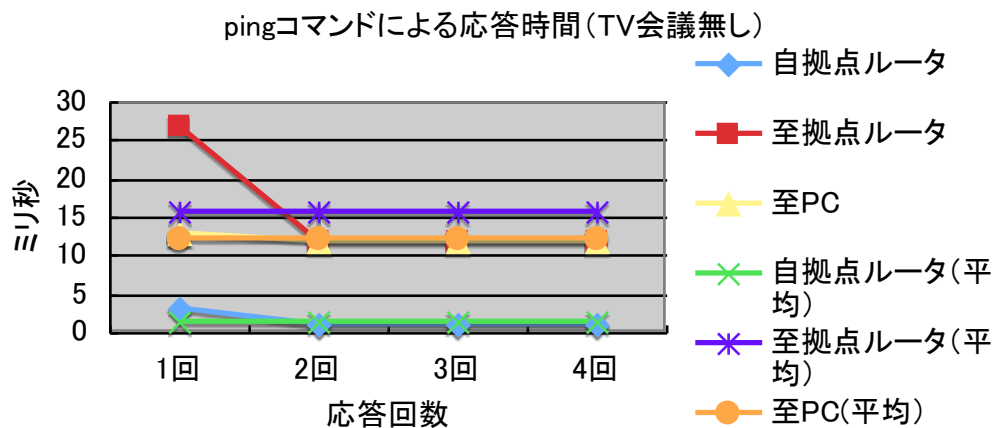
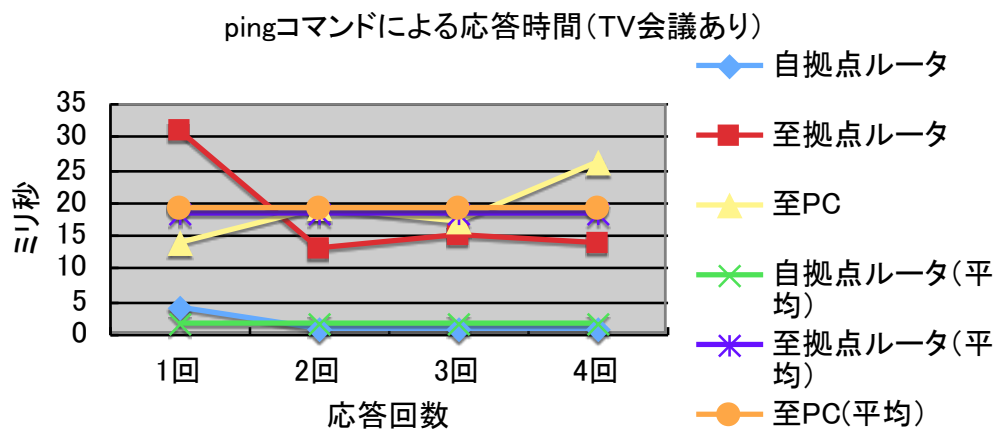
オーディオインターフェースのメーカー提供ドライバソフトウェアを使用し、音声 MIDI 伝送ソフトウェアの通信パラメタを調整した結果、往復伝送遅延時間としては、100 ミリ秒程度に迄、低減する事が出来ました。

よって、第1回目の試験と比較し遅延時間を三分の一以下に低減することが出来ました。

なお、ネットワーク網(WAN)自体(データ通信)の遅延時間は、10 数ミリ秒でしたが、TV会議システムを同時利用した場合は、20 数ミリ秒必要な時もありました。

(グラフ「ping コマンドによる応答時間」参照)

この事から他にネットワークを使用するシステムが存在した場合は、本システムの遅延時間に影響がある事がわかりました。



【プロトタイプ第 1 版としてのまとめ】

プロトタイプ第 1 版として、3 回の試験稼働を実施した結果、若干の遅延時間は残るものの、遠隔地間にてネットワーク網(WAN)を経由した高音質低遅延の音声伝送を実現可能な基本的な方式を確立出来ました。

各試験の最後に、桃陽総合支援学校の方々にご協力頂き、実際にご利用の上評価いただいた結果、音楽の授業等にご利用頂けるレベルに達しているとの評価を頂きました。

この数値を最低ラインとし、さらなる性能向上を目指し、第 2 版の開発を進めました。

【プロトタイプ第 2 版】

【目的】

プロトタイプ第 2 版での目的を以下に記述します。

- 三つの拠点間での音声伝送機能を提供し、遅延速度や音質について検証する。
- MIDI データ伝送を実現する。
- 無線 LAN を用いて接続し、遅延速度や音質について検証する。

【成果】

プロトタイプ第 2 版では、以下のとおり 3 回の試験稼働を実施しました結果、後述の成果が得られました。

第 1 回目：

3 拠点(本校・府立・京大)を結んでの音声伝送試験を実施しました。3 拠点での同時使用では通信状態が不安定になることが判明しました。他のアプリケーション(TV 会議システムなど)との通信帯域の競合の可能性も考えられるので、調整が必要となりました。

第 2 回目：

第 1 回目の試験稼働でうまくいかなかった 3 拠点接続による通信状態を改善すべく、RCH システムを調整するとともに、TV 会議システムなど他のアプリケーションとの同時利用に関する調査も含めてテストを実施しました。その結果、WAN 側の通信帯域が不足していることが最大の原因で、大きなトラフィックを伴うアプリケーションとの同時利用では安定した音声通信ができないことが判明しました。

それぞれのアプリケーションで使用する通信帯域を調整することで、数拠点での利用も可能であることが分かりました。また、MIDI データを通信回線に乗せて、3 拠点間で送受信することにも成功しました。

第 3 回目：

本システムを無線 LAN で接続した場合の遅延時間等を調査した。また、専用ハードウェアを使わずに、どの PC でも利用可能な汎用システム版のテストを実施しました。その結果、無線 LAN の通信特性による初期遅延は発生するが、音声伝達が可能であること、及び、MIDI 楽器からの低遅延な伝送ができることが分かりました。また、汎用システム版については多少遅延が大きくなるものの、実用には差し支えがない程度の性能を発揮することが分かりました。

上記 3 回の試験稼働の結果以下の成果を得られました。

- プロトタイプ第 1 版時と同様の方式にて、遠隔地複数拠点間をネットワーク経由にて、ある程度の同期を保った電子楽器による合奏ができるように、MIDI データ送受信を実現出来ました。
- ネットワークを介した遠隔地間での MIDI データ通信利用時の遅延等の性能比較及び評価を実施しました。
- 接続拠点数の増加、MIDI データ送受信の追加に伴う、必要なパソコンの CPU 及びメモリ等の性能に関する評価を実施しました。
試験用に用意したパソコンで対応可能である事が分かりました。
- システムの稼働に必要なネットワーク性能に関する評価を実施しました。
- 無線 LAN 環境下での使用に関する評価を実施しました。初期遅延は発生するが、音声伝送は可能である事、及び、MIDI データ通信については、低遅延で行える事が分かりました。
- 汎用版システムについては、多少遅延は大きくなるものの、実用には差し支えのない程度の性能を発揮する事が分かりました。

【詳細】

【第1回目】

11月27日(火)15時30分より、桃陽総合支援学校 本校、府立医大分教室、及び、京大病院分教室の3拠点において「リモート・コンサートホール」システムプロトタイプ第2版の第1回試験稼働を実施いたしました。

【目的】

1. 提案時の方式であり、また、プロトタイプ第1版時の方式にて、3拠点間の音声伝送試験を実施し、実務に耐える音質、遅延速度である事を確認する。
2. 同方式にて、MIDIデータ通信試験を実施し、ある程度の同期を保った電子楽器による合奏が出来る事を確認する。
3. 複数拠点からの音声及びMIDIデータを変換した楽器の音をDAW(デジタルオーディオワークステーション)に集約し、適切に音量バランスが調整出来る事を確認する。

【調査検証方法】

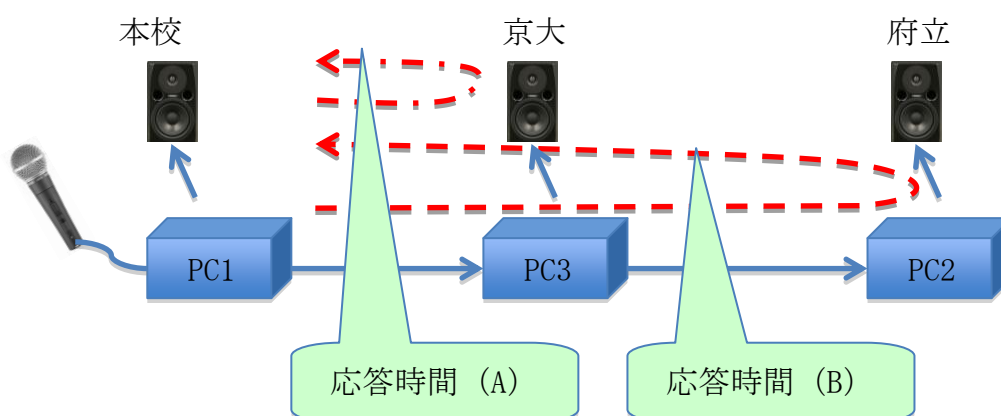
桃陽総合支援学校 本校と府立医大分教室、及び、京大病院分教室の各拠点にPCを設置し、ネットワーク網(WAN)を経由した試験として、以下の3項目を予定しておりました。

試験項目1:

3拠点間の音声伝送試験。

3拠点間にて、マイクを使った音声伝送試験を行い、遅延・応答時間の確認を行います。(下図、応答時間(A),(B))

拠点間で音声の伝送に大きな遅れが無い事を確認します。

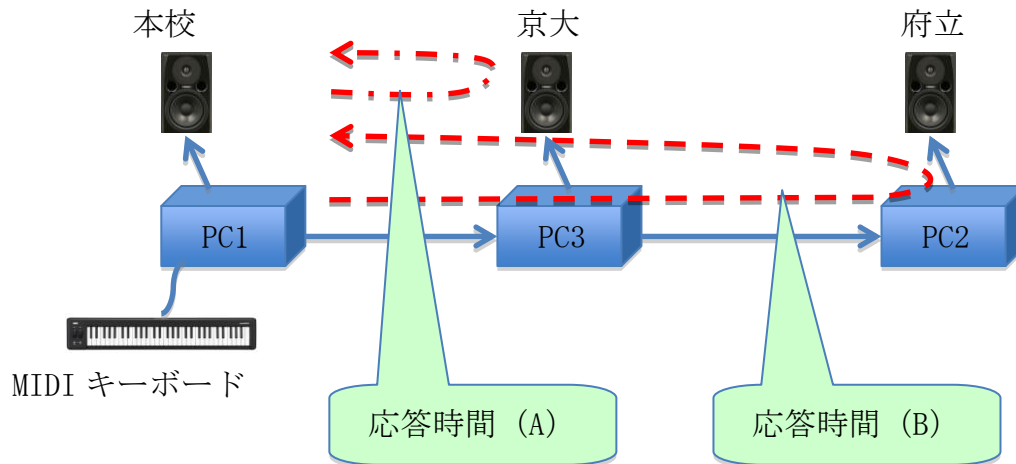


試験項目2:

MIDI データ通信試験。

MIDI 楽器を使った伝送試験を行い, 遅延・応答時間の確認を行います。(下図, 応答時間(A),(B))

音の伝送に大きな遅延が無い事を確認します。



試験項目3:

DAW(デジタルオーディオワークステーション)動作確認試験。

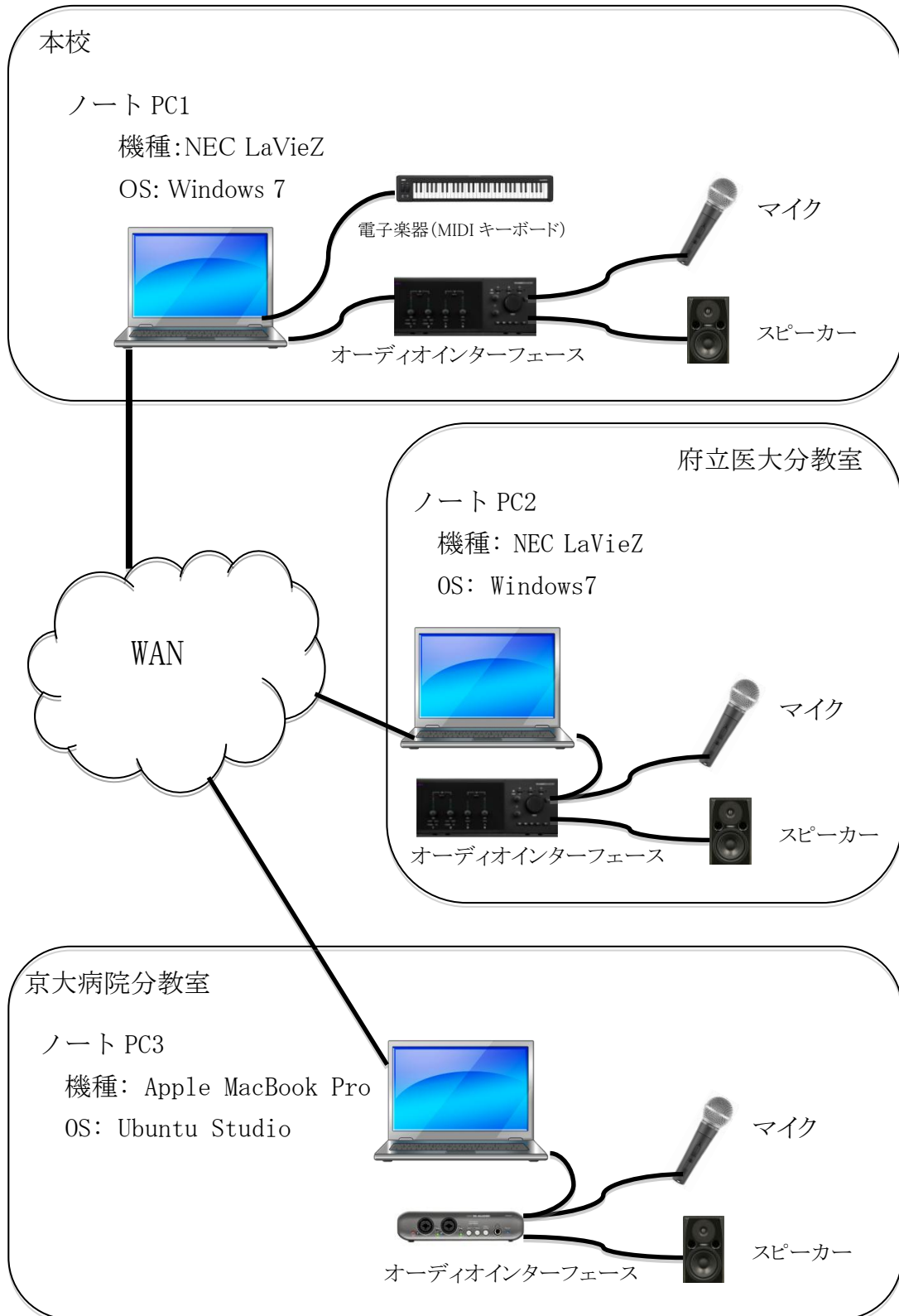
京大病院分教室に設置しました PC3 には, OS として「UbuntuStudio」, 又, DAW として「MUSE」をインストールしています。

音声伝送試験では, 音量バランスの調整が正しく行える事を確認します。

また, MIDI データ送信試験では, MIDI データを楽器の音(ピアノ)に変換し, 各拠点へ伝送出来る事を確認します。

【機器構成イメージ図】

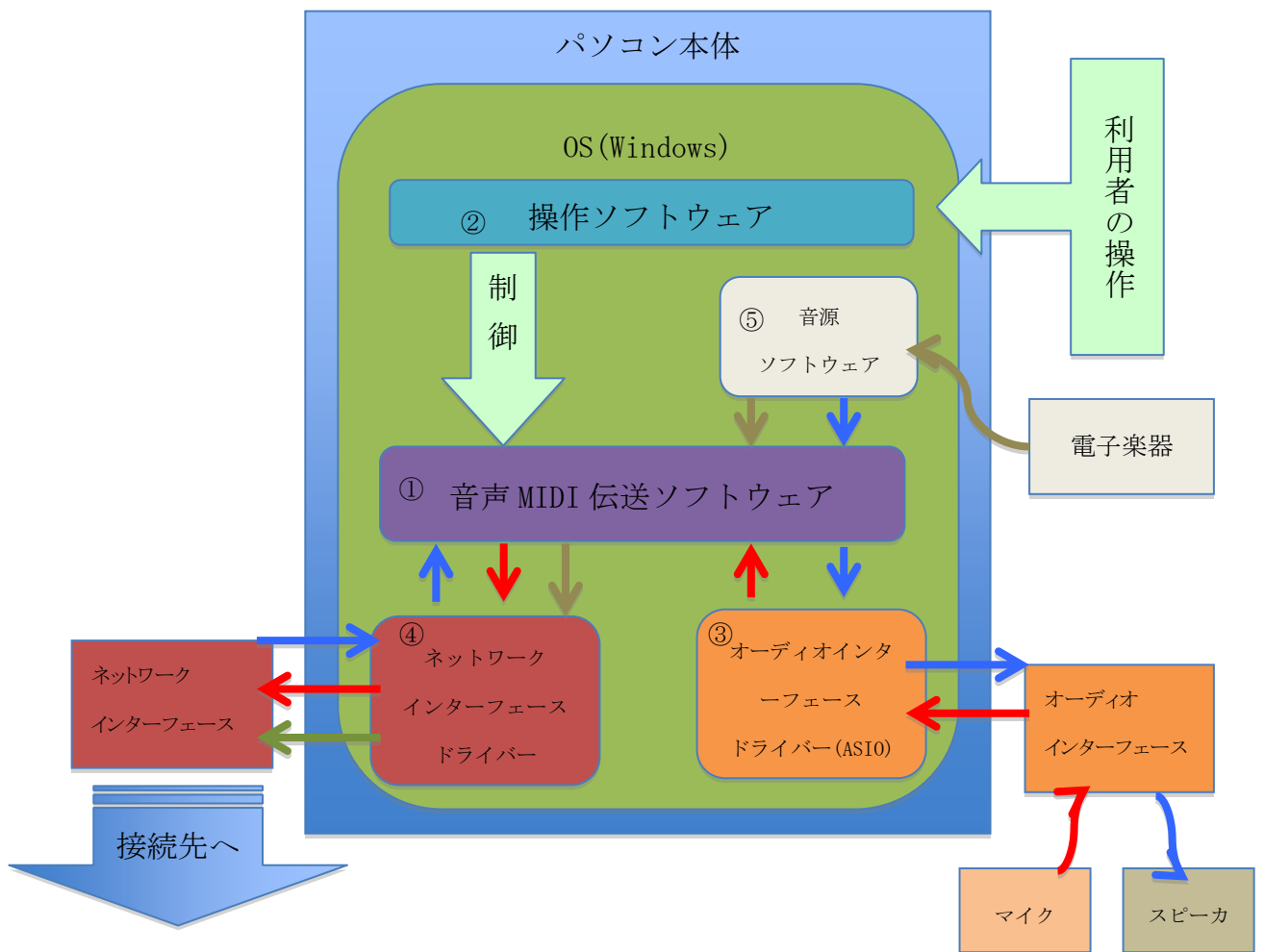
本校及び各分教室にパソコン(PC1～PC3)を1台ずつ設置し、WAN経由で接続しています。



【ソフトウェア構成イメージ図】

本システムにおける端末パソコンのソフトウェア構成イメージを以下に記述します。
大きく5つのソフトウェア部品から構成されます。

- ① 音声 MIDI 伝送ソフトウェア： 音声及び MIDI データの伝送を行う部品です。
- ② 操作ソフトウェア： 部品①を操作する部品です。
- ③ オーディオインターフェースドライバー：
オーディオインターフェースを制御する部品です。
- ④ ネットワークインターフェースドライバー：
ネットワークインターフェースを制御する部品です。
- ⑤ 音源ソフトウェア： MIDI データを音に変換する部品です。



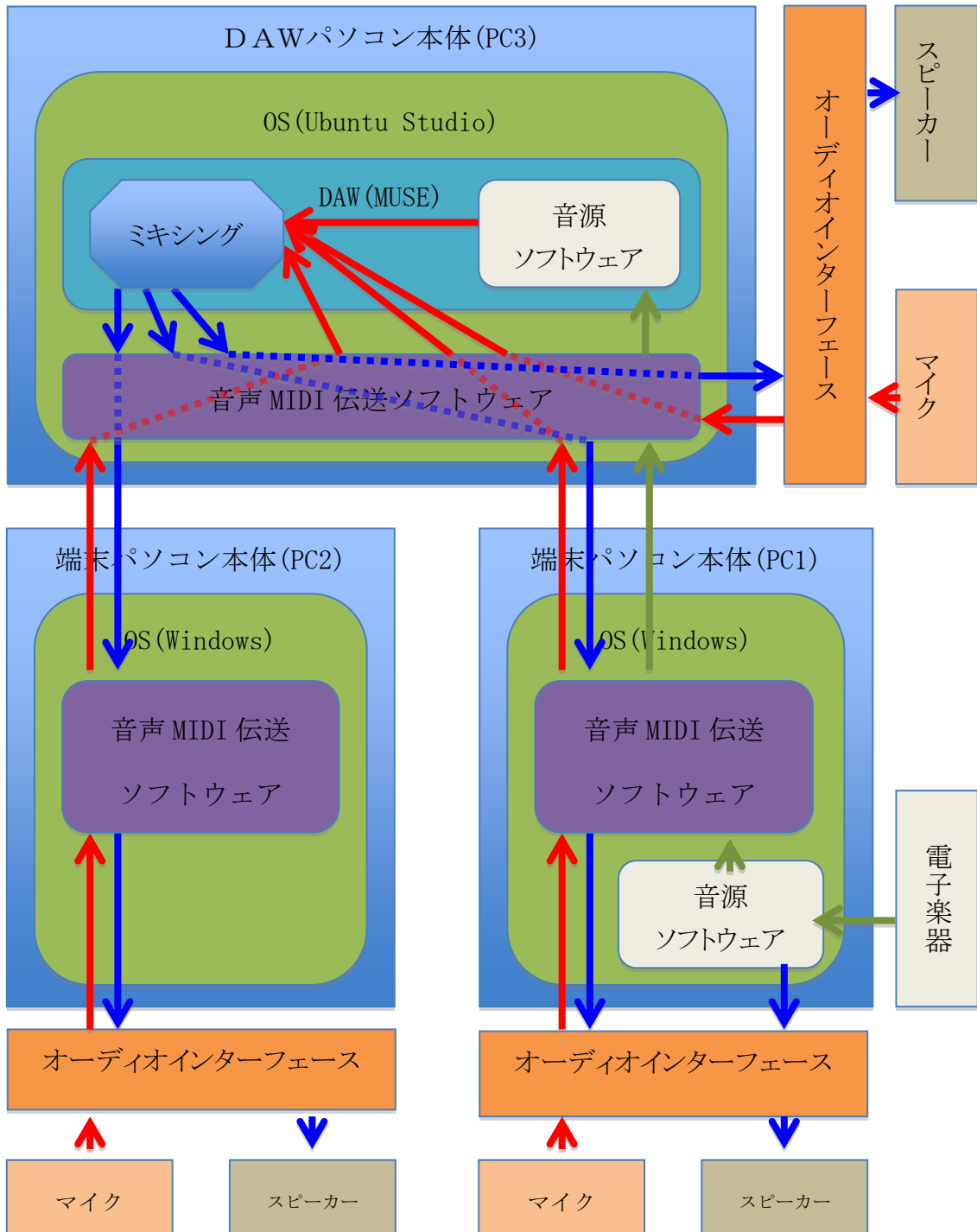
凡例:

- :ハードウェア
- :ソフトウェア部品
- :マイクからの音声入力若しくは音声データ
- :スピーカへの音声出力若しくは音声データ
- :MIDI データ

【ソフトウェア構成イメージ(全体)】

本システム全体のソフトウェア構成イメージと音声データ及びMIDIデータの流れを以下に記述します。

DAW用パソコン及び端末用パソコンの両方にて、音源ソフトウェア部品が動作します。



【結果及び結論】

プロトタイプ第2版の試験稼働第1回目の試験結果は、以下の通りとなります。

試験項目1:

3拠点間の音声伝送試験。

第1版にて2拠点間での音声伝送に使用しておりました実績のある設定値を元に3拠点間を結んで試験しました。結果としましては、接続は出来ましたが、音声伝送を始めると通信状態が不安定になり、3拠点同時の音声伝送は出来ませんでした。

次に、一部設定値を変更しまして、再接続を行いましたところ、本校と京大間。若しくは、府立医大と京大間については、音質は不十分ですが、音声伝送出来る事を確認しました。しかし、残念ながら設定値を変更しても3拠点同時には音声伝送出来ませんでした。

試験項目2:

MIDI データ通信試験。

MIDI データ通信試験の前に、試験用 MIDI キーボードの動作を本校にてご確認いただきました。

その際 MIDI キーボードから出力された MIDI データは、京大に設置した DAW に送信された事を確認出来ました。

よって、MIDI データの通信については確認出来ましたが、試験項目としておりました遅延時間については、未確認となりました。

試験項目3:

DAW(デジタルオーディオワークステーション)動作確認試験。

京大に設置しました PC にて DAW(デジタルオーディオワークステーション)の動作を確認しました。

しかし、「試験項目1」の音声伝送が十分に出来ませんでしたので、細かな音量調整迄は未確認となりました。

次に、MIDI データの音変換につきましては、「試験項目2」の電子楽器(MIDI キーボード)動作確認の際に、DAW 内の音源ソフトウェアを使用しまして、音(ピアノ)に変換出来る事を確認出来ました。

残念ながら殆どの試験を完了出来ず、一部の動作を確認出来たのみとなりました。

次回の試験では、本試験の結果を踏まえまして、全ての試験項目を完了出来るように準備を進める事になりました。

【第2回目】

12月11日(火)15時30分より、桃陽総合支援学校 本校、及び、府立医大分教室の2拠点において「リモート・コンサートホール」システムプロトタイプ第2版の第2回試験稼働を実施致しました。

【目的】

今回の目的としては、第1回目と同様に以下の3点になります。

なお、前回の試験では、全ての試験項目を確認出来無かった為、再試験を実施します。

1. 第1回目と同様の方式を使用し、設定内容を見直した上で、3拠点間の音声伝送試験を実施し、実務に耐える音質、遅延速度である事を確認する。
2. 同方式にて、MIDIデータ通信試験を実施し、ある程度の同期を保った電子楽器による合奏が出来る事を確認する。
3. 複数拠点からの音声及びMIDIデータを変換した楽器の音をDAW(デジタルオーディオワークステーション)に集約し、適切に音量バランスが調整出来る事を確認する。

【調査検証方法】

桃陽総合支援学校 本校に2台、府立医大分教室に1台のPCを設置し、擬似的に3拠点を作成しまして、ネットワーク網(WAN)を経由した3拠点接続試験として、以下の4項目を実施しました。

試験項目1:

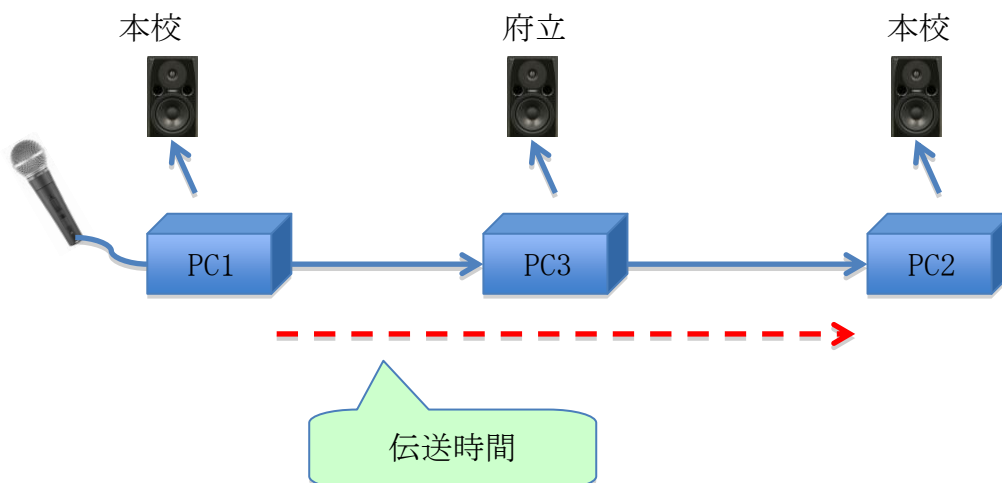
ネットワークの空き帯域確認。

Pingコマンドを使用して、接続先のノートPCへパケットを送り、その応答時間からネットワークの帯域を確認します。

試験項目2:

擬似3拠点間の音声伝送試験。

本校に2台、府立に1台の合計3台のPCを設置し、マイクを使った音声伝送試験を行い、伝送時間の確認を行います。第1回目と同様拠点間で音声の伝送に大きな遅れが無い事を確認します。

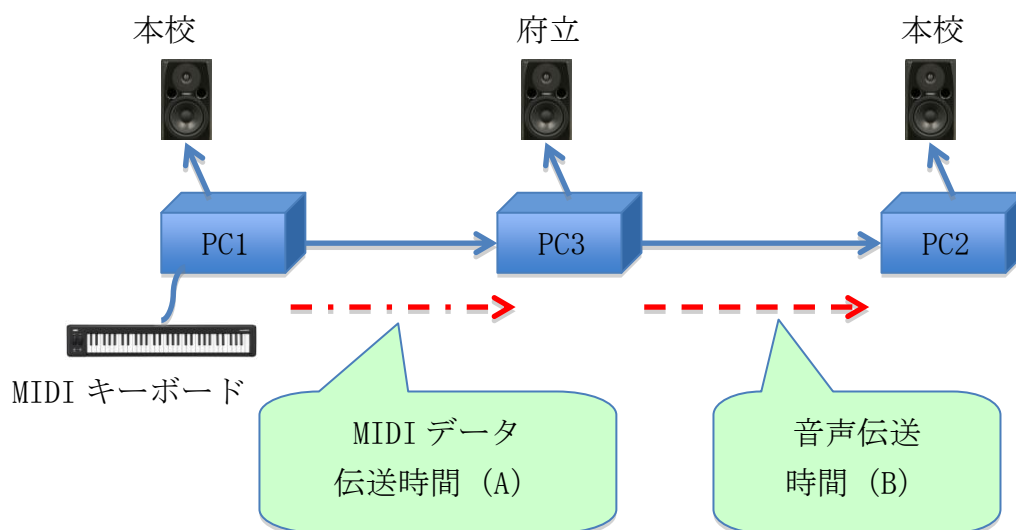


試験項目3:

MIDI データ通信試験。

MIDI 楽器を使った伝送試験を行い、伝送時間の確認を行います。(下図、伝送時間(A),(B))

MIDI データの伝送及び音声の伝送に大きな遅延が無い事を確認します。



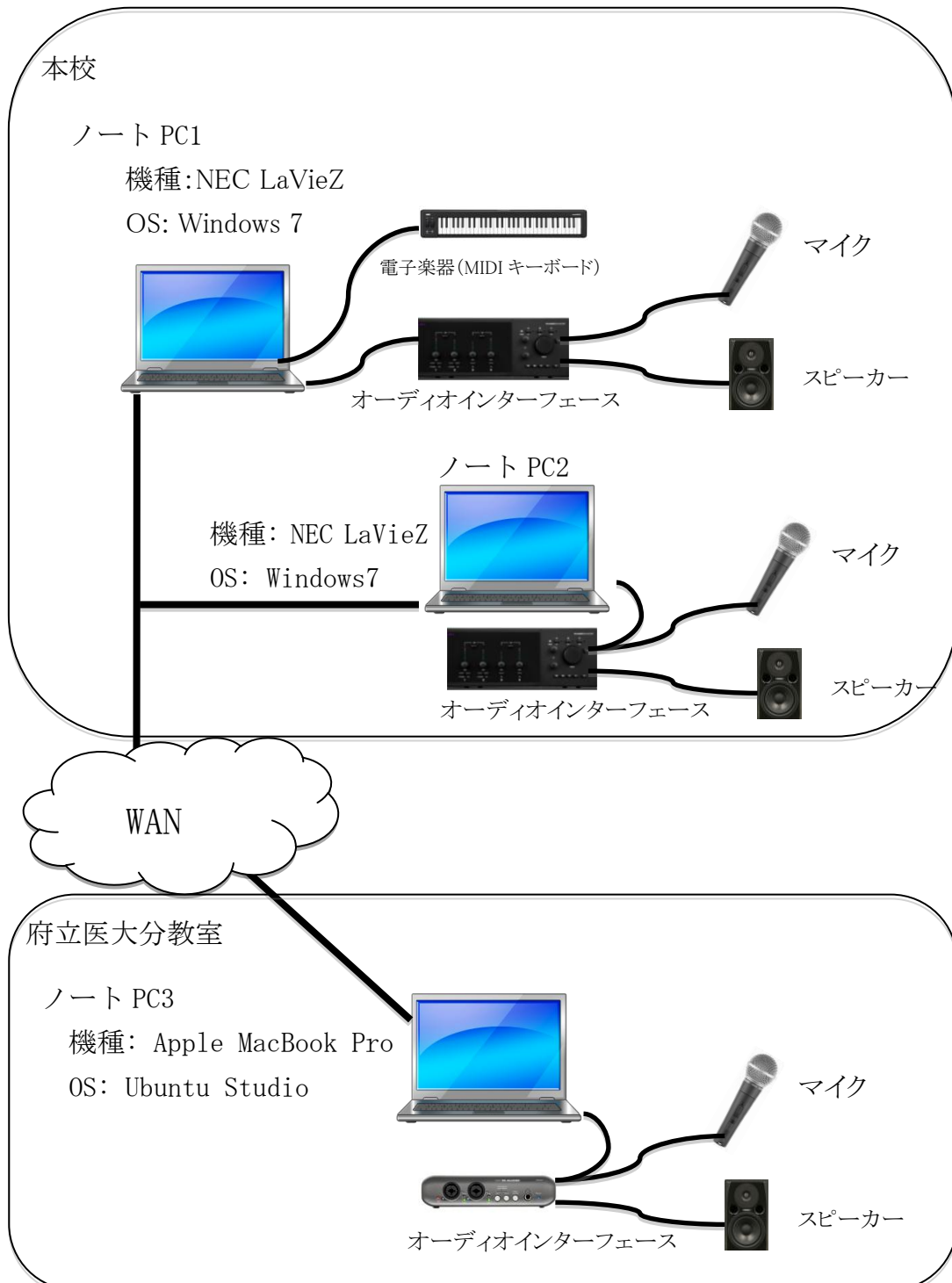
試験項目4:

DAW(デジタルオーディオワークステーション)動作確認試験。

PC の設置位置が違うのみで、基本的には第 1 回目と同様となる為、詳細は省略します。

【機器構成イメージ図】

本校にパソコン 2 台(PC1, PC2), 府立医大分教室にパソコン 1 台(PC3)を設置し、本校と府立医大分教室間を WAN 経由で接続しています。



【ソフトウェア構成イメージ図】

第1回目と同じソフトウェア構成となる為、省略します。

【結果及び結論】

プロトタイプ第2版の試験稼働第2回目の試験結果は、以下の通りとなります。

試験項目1:

ネットワークの空き帯域確認。

本日の試験を開始する前に、本校と府立間ネットワークの帯域を調査しました。

TV会議システムを使用しない状態で、2.5Mbps位の空き帯域が有ると分かりました。

(ping コマンドを用いた簡易調査ですので、誤差が大きく出る場合も有り、実際はもう少し帯域があると推測されます。)

試験項目2:

3拠点間の音声伝送試験。

前回の試験時と比較して少ない通信帯域でも音声伝送可能なシステムに改良しまして、本日試験を実施しました。

最初に、RCHシステム単独(TV会議システム無し)でのPC3台間での音声伝送確認が出来ました。

また、その後TV会議システムの使用帯域をかなり少なく設定変更して頂きまして、3画面を表示した状態でRCHシステムと平行運用し、試験を実施したところ、運用可能なレベルの遅延時間で音声伝送出来ました。

ただし、他のアプリケーション等を使用しデータ通信した場合は、遅延時間が大きくなる、若しくは音質に影響が出る(ノイズが発生する)ことが解りました。

試験項目3:

MIDIデータ通信試験。

本校に設置したPC1に試験用MIDIキーボードを接続し、試験を実施しました。

試験用MIDIキーボードからMIDIデータを出力し、府立に設置したDAWにて音(ピアノ)に変換され、本校に設置したPC2から出力される事を確認しました。

また、キーボード入力とPC2から出力される音との時間差を確認しまして、運用可能なレベルの遅延時間である事を確認しました。

試験項目4:

DAW(デジタルオーディオワークステーション)動作確認試験。

府立に設置しましたPC3にてDAW(デジタルオーディオワークステーション)の動作を確認しました。ミキサー機能を使用しまして、PC毎、及び楽器毎に音量調整出来る事を確認しました。

なお、MIDIデータを音に変換出来る事については、前回の試験時に確認済みです。

また、大きな遅延無く音を各拠点へ伝送出来る事については、上記3項にて確認済みです。

【第3回目】

12月20日(木)14時より、桃陽総合支援学校 本校にて「リモート・コンサートホール」システム プロトタイプ第2版の第3回試験を実施致しました。

【目的】

今回の目的としては、以下の2点になります。

1. 無線 LAN を用いた接続試験。
2. RCH システム汎用版試験。

【調査検証方法】

内容としては、以下の2項目を実施しました。

試験項目1:

無線 LAN チャンネルの重複が無い事を確認する。

試験項目2:

無線 LAN を用いた接続試験。

試験項目3:

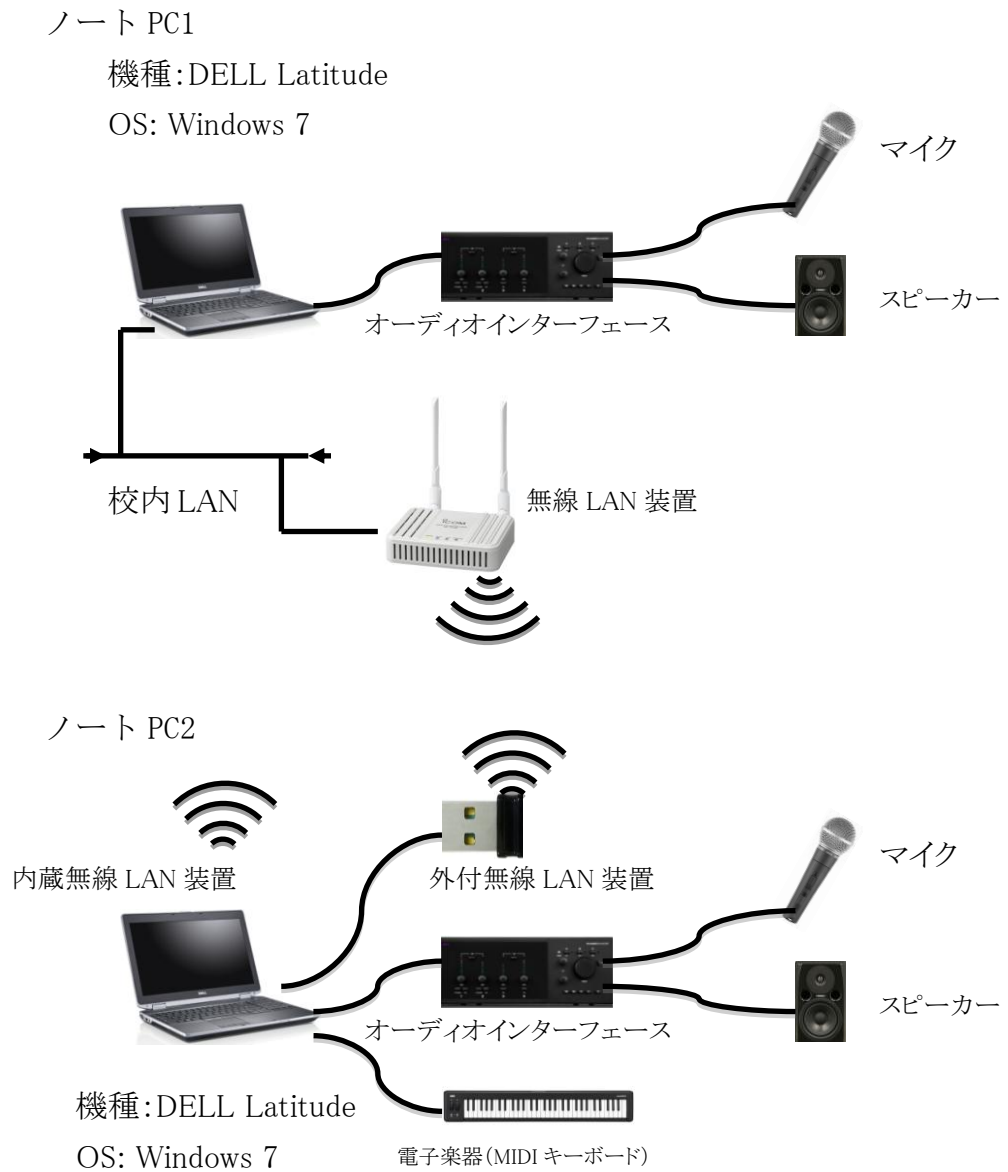
RCH システム汎用版試験。

【機器構成イメージ図】

無線 LAN を用いた接続試験機器構成：

現地試験用のデル製ノート PC2 台を用いて、一方を親機設定し有線 LAN に接続。もう一方を子機設定し無線 LAN に接続しました。

なお、使用した無線 LAN 装置については、2種類の装置(PC 内蔵の装置と USB 接続の外付装置)を使用して試験を実施しました。



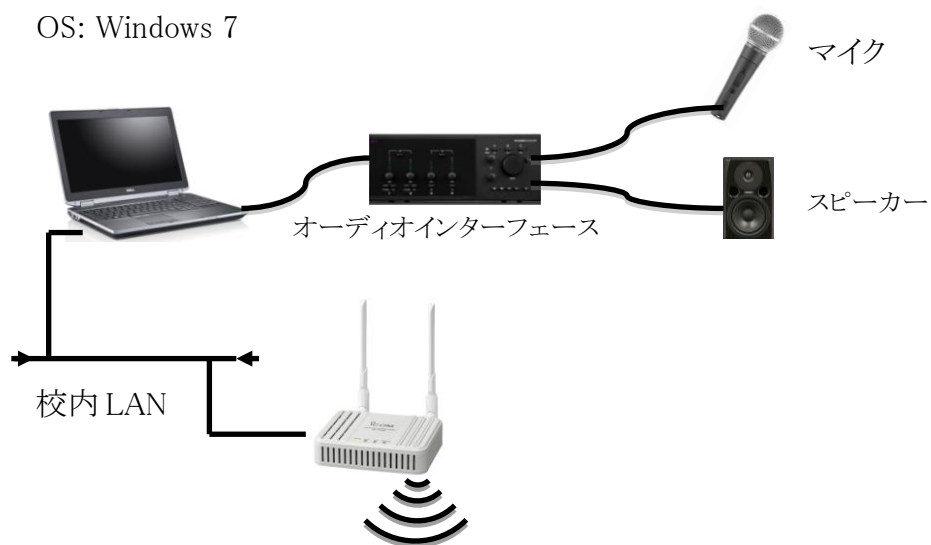
RCH システム汎用版試験機器構成:

既存の PC を 1 台お借りしまして, RCH システム汎用版をインストールし, 動作試験を実施しました。汎用版には, 高価なオーディオインターフェースは使用せず, その代わりに安価な USB 接続のヘッドセット(ヘッドフォンとマイクが一体となった物)を接続し, 試験を実施しました。

ノート PC1

機種:DELL Latitude

OS: Windows 7



ノート PC2

機種:DELL Latitude

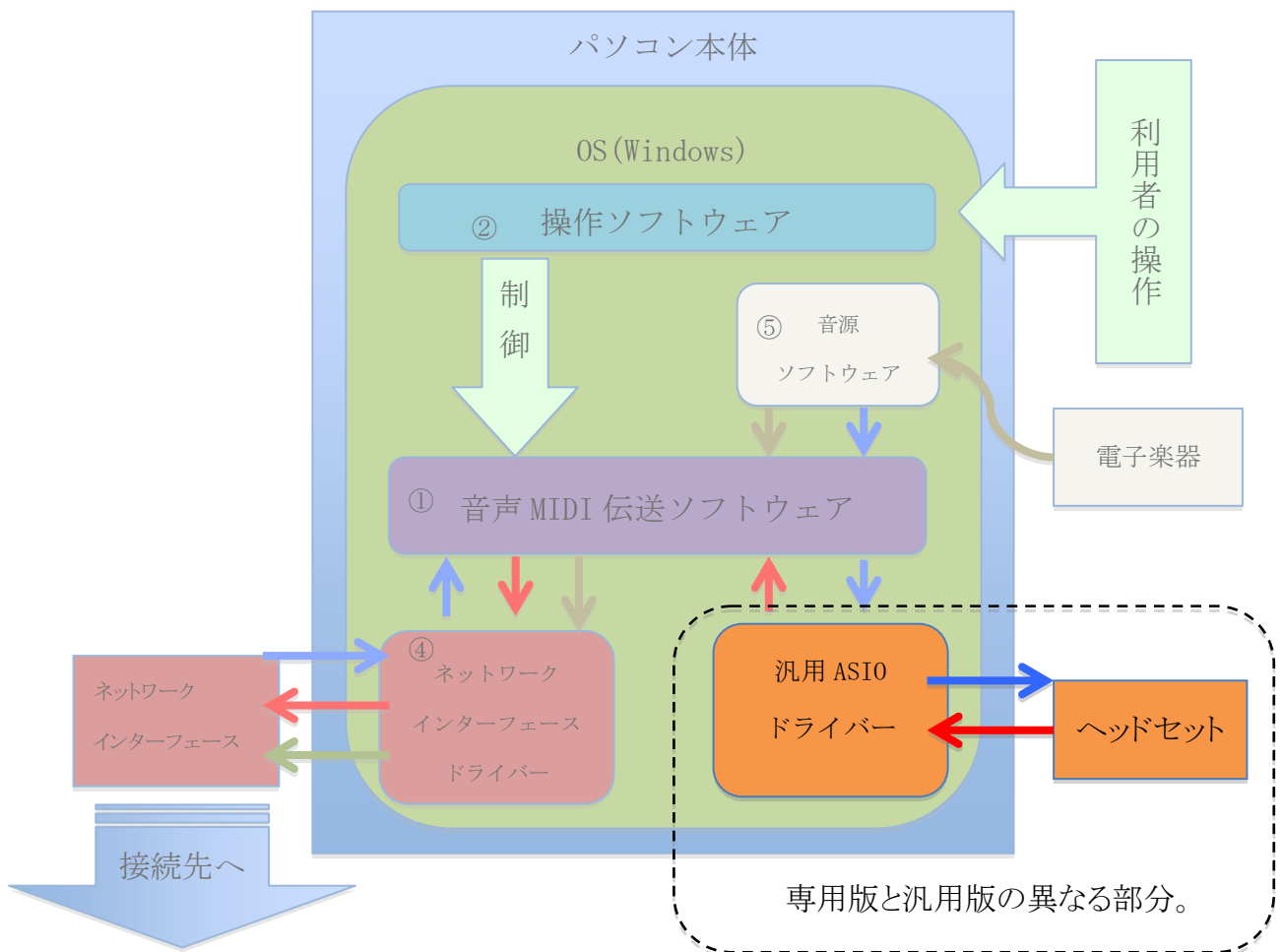
OS: Windows 7



【ソフトウェア構成イメージ図】

RCH システム汎用版における端末パソコンのソフトウェア構成イメージを以下に記述します。専用版と同じ4つの部品と異なる1つの部品、合計5つの部品から構成されます。

- ① 音声 MIDI 伝送ソフトウェア： 音声及び MIDI データの伝送を行う部品です。
- ② 操作ソフトウェア： 部品①を操作する部品です。
- ③ 汎用 ASIO ドライバー：
汎用版の特徴。ヘッドセットとの間で音声の伝送を制御する部品です。
- ④ ネットワークインターフェースドライバー：
ネットワークインターフェースを制御する部品です。
- ⑤ 音源ソフトウェア： MIDI データを音に変換する部品です。



凡例：

- :ハードウェア
- :ソフトウェア部品
- :マイクからの音声入力若しくは音声データ
- :スピーカーへの音声出力若しくは音声データ
- :MIDI データ

【結果及び結論】

プロトタイプ第 2 版の試験稼働第 3 回目の試験結果は、以下の通りとなります。

試験項目 1:

無線 LAN チャンネルの重複無い事を確認する。

ツールを用いて調査した結果、無線 LAN チャンネルの重複が無い事を確認しました。よって、無線 LAN チャンネル重複による通信速度の低下は無いと考えられます。

試験項目 2:

無線 LAN を用いた接続試験。

音声伝送の結果:

無線 LAN 経由でも問題無く接続出来ました。200 ミリ秒程度の遅延となりました。WAN 接続より遅延時間は大きくなりました。

但し、音声の伝送開始直後は若干パケットの遅延が大きく、わずかにノイズが発生しました。これは無線 LAN の伝送特性による物と推測されます。

MIDI 楽器演奏の結果:

子機設定した PC へ MIDI キーボードを接続し、試験を行いました。

遅延時間は、50 ミリ秒程度となりました。

無線 LAN 装置の比較:

社内の試験において、PC 内蔵無線 LAN 装置では音声伝送の遅延時間が大きくなった事から、この試験を実施する事としました。

結果、今回の試験に置いても、PC 内蔵無線 LAN 装置の方が遅延時間は大きくなりました。

(上記結果数値は、USB 接続の外付無線 LAN 装置にて通信を行った場合の物です。)

これは、PC 内蔵無線 LAN 装置の方が PC 本体への負荷が大きい事が原因と思われます。音源ソフトウェア部品の処理と重なった場合、過負荷状態になっている物と思われます。

(全ての機種において、同様の状態となるかは不明ですが、NEC 製の開発用 PC 及びデル製の現地試験用ノート PC に置いては同様の傾向が見られました。)

試験項目3:

RCH システム汎用版試験。

持参したドライバー等のソフトウェアが正常に動作しなかった為、残念ながら借用した PC 上で動作させる事は出来ませんでした。

原因については後の調査で OS (32bit 版) に対応出来なかった事が判りました。

代わりに、現地試験用のデル製ノート PC を用いて、動作試験を実施しました。PC 本体の性能に違いはありますが、ソフトウェアとしては RCH システム汎用版を使用しての試験を実施出来ました。

音声伝送の試験を実施した結果、上記 1 項の結果より若干遅延時間が大きい程度で伝送することが出来ました。

【プロトタイプ第 2 版としてのまとめ】

プロトタイプ第 2 版として、3 回の試験稼働を実施した結果、プロトタイプ第 1 版時の方式を一部改良する事で、3 つの遠隔地間にてネットワーク網 (WAN) を経由した高音質低遅延の音声伝送を実現可能な方式を確立出来ました。

また、MIDI データ通信についても同方式を用いて実現可能である事が分かりました。

無線 LAN を用いた接続試験、及び、RCH システム汎用版試験も含めて、各試験の最後に、桃陽総合支援学校の方々にご協力頂き、実際にご利用の上評価頂いた結果、十分に利用可能な範囲の遅延時間であると評価頂きました。また、病室での利用や会議での利用が考えられるとコメントを頂きました。

残念ながら学校から借用したノート PC では、RCH システム汎用版を動作させることが出来なかった為、次回以降の試験にて、RCH システム汎用版の試験を引き続き実施する事となりました。

【最終版】

【目的】

最終版での目的を以下に記述します。

- 簡易な操作を可能とする操作画面の提供とその評価。
- 仮想楽器の実現。

【成果】

最終版では、以下のとおり試験稼働と実際に利用頂きました結果、後述の成果が得られました。

第1回目：

「リモート・コンサートホール」システム最終版として、専用機器等のデモや操作説明を実施し、簡易なオペレーションで複数拠点を結び、音声伝送や MIDI 楽器演奏が遠隔地間で動作する事を確認した。また、タブレット PC に「リモート・コンサートホール」システム(汎用版)をインストールして、タブレット PC を仮想 MIDI キーボードとして本システムで使用できることを確認しました。

第2回目：

中学部 音楽の校内授業研究において、本校と府立を「リモート・コンサートホール」システムなどで結んで授業を行うにあたり、録音と再生(再生した音声了他拠点へ配信)する機能を提供しました。公開授業では本機能をご利用頂きました。

第3回目：

小学部「卒業生を送る会」演習として、実際の授業に使用頂きました。本校、府立、京大の3拠点を結んで、合奏、合唱、群読を実施頂きました。

上記3回の試験稼働の結果以下の成果を得られました。

- 分教室や病室には持ち込めない楽器を、タブレット PC 上で仮想楽器として再現し、本システムの一部として実現出来ました。
- 遠隔地間で利用する際に必要なパソコンの CPU 及びメモリ等の性能に関する評価を実施しました。低スペックな PC と汎用版システムを組み合わせた試験を実施し、本システムを使用する上での最低スペックを検証できました。
- 簡易な操作で本システムの操作を可能とする画面を提供すると共に研修会を実施した事により、桃陽総合支援学校分教室では職員のみで本システムをご利用頂ける様になりました。

【詳細】

【第 1 回目】

1月30日(水)16時より桃陽総合支援学校 本校において、「リモート・コンサートホール」システム最終版の第1回試験を実施致しました。

又、2月1日16時より府立医大分教室にて、システム操作説明会を実施。2月22日16時より京大病院分教室にて、システム操作説明会を実施しました。

【目的】

1. 最終版稼働試験。及びシステム操作説明。
2. 仮想 MIDI 楽器として稼働試験。

【調査検証方法】

桃陽総合支援学校 本校において、現地試験用機器を使用して、以下の2項目の試験を実施しました。

試験項目1:

最終版稼働試験。及びシステム操作説明。

試験項目2:

仮想 MIDI 楽器として稼働試験。

【機器構成イメージ図】

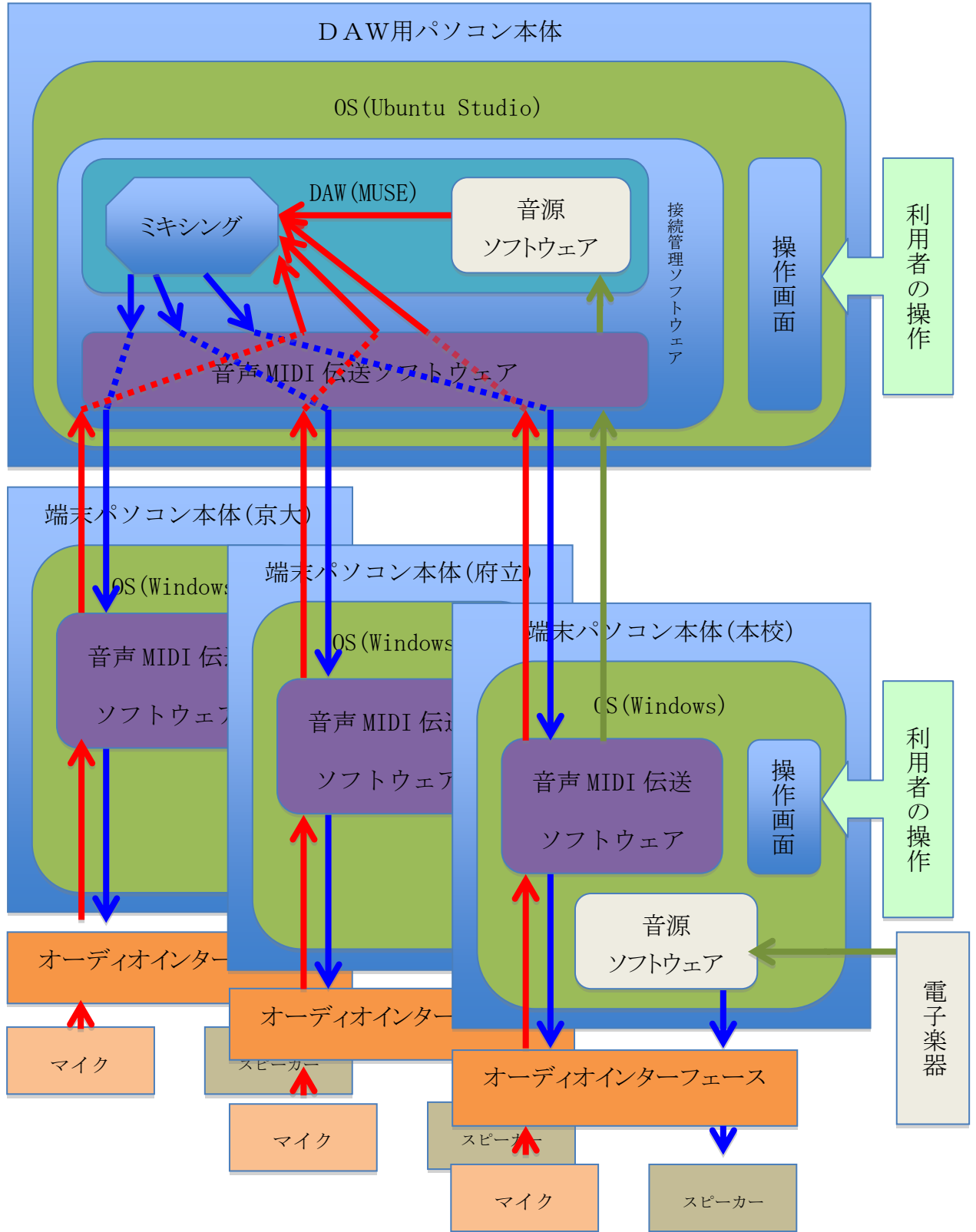
本校, 府立医大, 京大分教室には, 現地試験用専用機器を使用しました。



【ソフトウェア構成イメージ図(全体)】

本システム全体のソフトウェア構成イメージと音声データ及びMIDIデータの流れを以下に記述します。

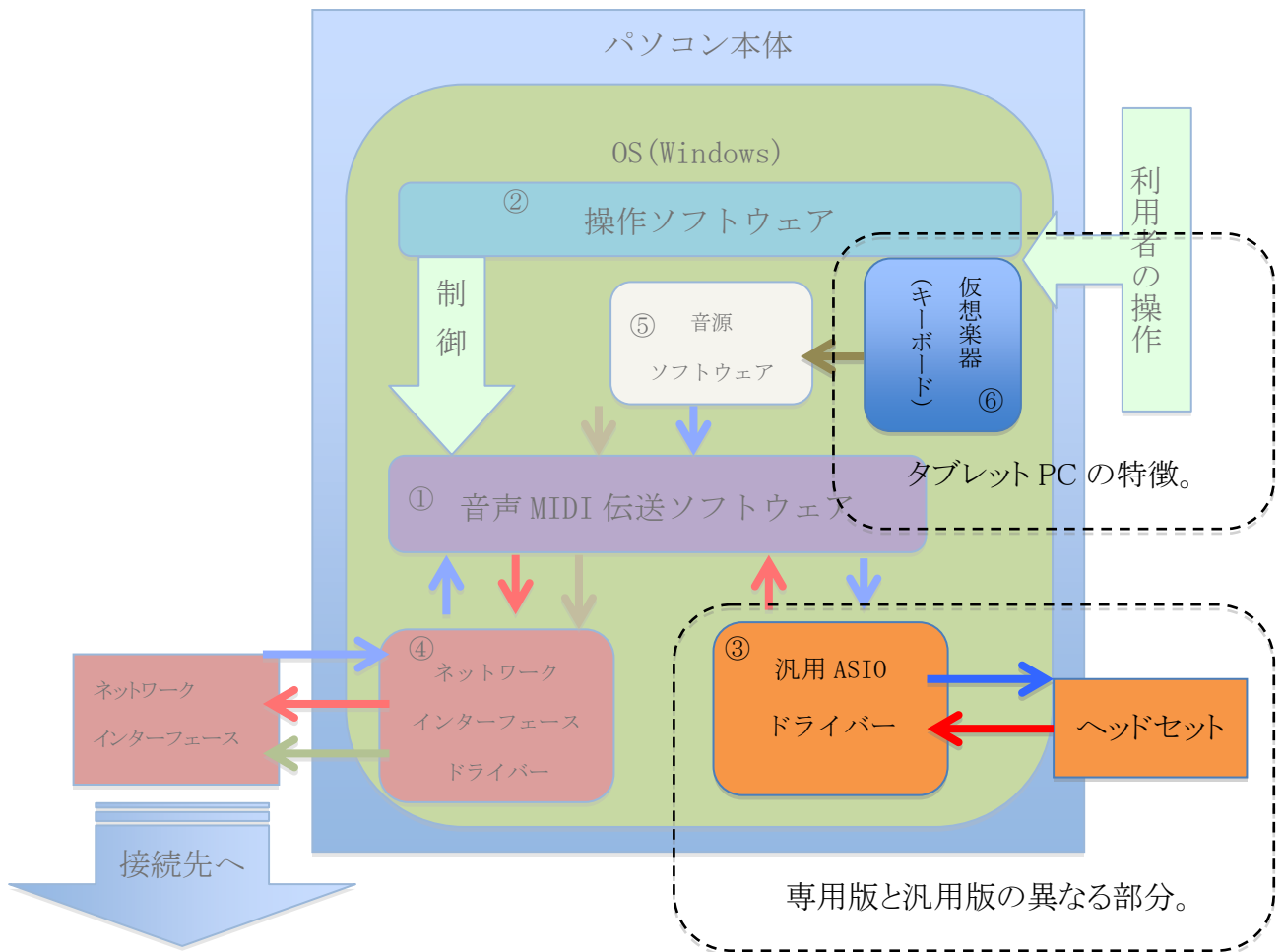
DAW用パソコン及び端末用パソコンの両方にて、音源ソフトウェア部品が動作します。



【ソフトウェア構成イメージ図(タブレット PC)】

タブレット PC にインストールした RCH システム汎用版のソフトウェア構成イメージを以下に記述します。

- ① 音声 MIDI 伝送ソフトウェア： 音声及び MIDI データの伝送を行う部品です。
- ② 操作ソフトウェア： 部品①を操作する部品です。
- ③ 汎用 ASIO ドライバー：
汎用版の特徴。ヘッドセットとの間で音声の伝送を制御する部品です。
- ④ ネットワークインターフェースドライバー：
ネットワークインターフェースを制御する部品です。
- ⑤ 音源ソフトウェア： MIDI データを音に変換する部品です。
- ⑥ 仮想楽器:タブレット画面に仮想楽器としてキーボードを表示します。



凡例:

- :ハードウェア
- :ソフトウェア部品
- :マイクからの音声入力若しくは音声データ
- :スピーカーへの音声出力若しくは音声データ
- :MIDI データ

【結果及び結論】

最終版の試験稼働第 1 回目の試験結果としましては、以下の通りとなります。

試験項目 1:

最終版稼働試験。及びシステム操作説明。

「リモート・コンサートホール」システム最終版として、専用機器等のデモや操作説明を実施し、簡易なオペレーションで複数拠点を結び、音声伝送や MIDI 楽器演奏が遠隔地間で動作する事を確認いただきました。

試験項目 2:

仮想 MIDI 楽器として稼働試験。

タブレット PC を仮想 MIDI キーボードとして本システムで使用できることを確認いただきました。

【第2回目】

2月6日, 13日, 15日の3日間に渡って, 桃陽総合支援学校 本校及び府立分教室において, 「リモート・コンサートホール」システム最終版の第2回試験を実施致しました。

【目的】

1. 2拠点を結び, 最終版を実際の授業に使用。
2. 録音再生機能の追加。

【調査検証方法】

桃陽総合支援学校 本校と府立分教室間において, 現地試験用専用機器を使用して, 以下の2項目の試験を実施しました。

試験項目1:

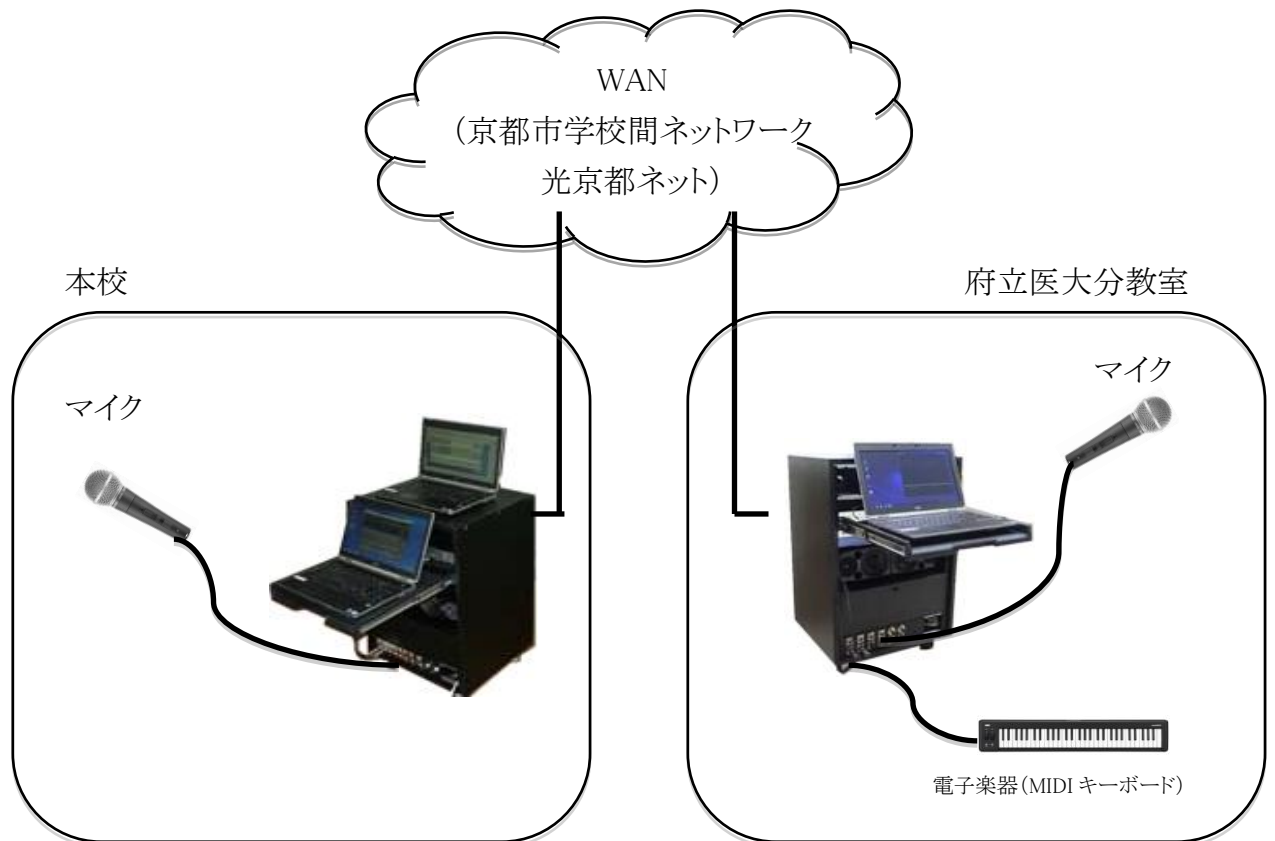
2拠点を結び, 最終版を実際の授業に使用して, 運用上の問題がないか検証する。

試験項目2:

録音再生機能を追加し, 実際の授業に使用する。

【機器構成イメージ図】

本校, 府立医大には, 現地試験用専用機器を使用しました。



※ WAN

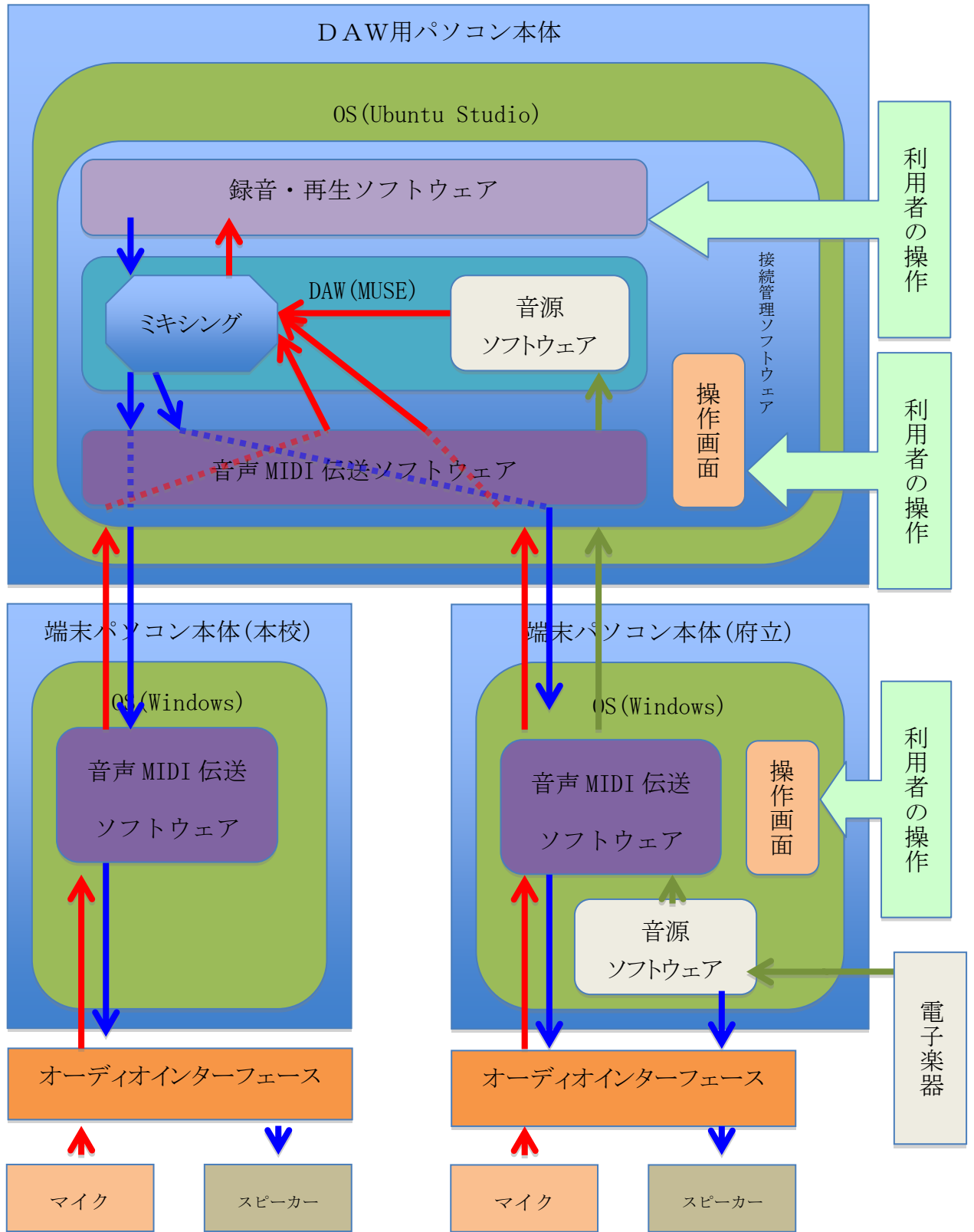
(京都市学校間ネットワーク 光京都ネット)を経由して接続しました。

又, 校内 LAN は 100BASE-TX を使用しました。

【ソフトウェア構成イメージ図(全体)】

本システム全体のソフトウェア構成イメージと音声データ及びMIDIデータの流れを以下に記述します。

DAW用パソコン及び端末用パソコンの両方にて、音源ソフトウェア部品が動作します。



【結果及び結論】

最終版の試験稼働第2回目の試験結果としましては、以下の通りとなります。

試験項目1:

最終版を実際の授業に使用して、運用上の問題がないか検証する。

「リモート・コンサートホール」システム最終版として、専用機器等を使用し遠隔地間で授業を実施し、動作に問題がない事を確認いただきました。

試験項目2:

録音再生機能を追加し、実際の授業に使用する。

授業中の合奏した結果を録音し、それを再生することで授業に活用頂きました。

【第3回目】

2月22日、25日、3月4日、12日、13日の5日間に渡り桃陽総合支援学校 本校、府立分教室、京大病院分教室において、「リモート・コンサートホール」システム最終版の第3回試験を実施致しました。

【目的】

1. 3拠点を結び、最終版を実際の授業に使用。

【調査検証方法】

桃陽総合支援学校 本校と府立分教室、京大病院分教室において、現地試験用専用機器を使用して、以下の試験を実施しました。

試験項目1:

3拠点を結び、最終版を実際の授業に使用して、運用上の問題が無いか検証する。

【機器構成イメージ図】

本校, 府立医大, 京大分教室には, 現地試験用専用機器を使用しました。



【ソフトウェア構成イメージ図】

第2回目と同様の為、省略します。

【結果及び結論】

最終版の試験稼働第3回目の試験結果としましては、以下の通りとなります。

試験項目1:

3拠点を結び、最終版を実際の授業に使用して、運用上の問題が無いか検証する。

数日間に渡る「卒業生を送る会」の準備練習と本番にて、3拠点を結び音声伝送機能をご利用頂きました。その際、システムの運用に係る作業につきましては、本校を除き、職員のみで実施頂く事が出来ました。

運用を含めたシステム全般として問題のないことを確認しました。

【最終版としてのまとめ】

「リモート・コンサートホール」システム最終版として専用機器等のデモや操作説明を実施しました。

プロトタイプ版では、複数のアプリケーションを手動で個別に起動する必要がありましたが、最終版を提供するにあたり、各アプリケーションを自動起動する形に改善しました。

又、各アプリケーション間の接続に置いて自動的に接続を行う形へ変更した結果、簡易なオペレーションで本システムをご利用頂ける事となりました。

更に、各拠点を結ぶにあたり、接続先を選択出来る画面を用意した事も操作を簡易に出来た理由の1つと言えます。

この様な複数の改善事項により、簡易なオペレーションで複数拠点を結ぶ事が実現出来、遠隔地間で音声伝送やMIDI楽器演奏が動作する事を確認いただきました。

また、タブレットPCを仮想楽器の一つである仮想MIDIキーボードとして本システムで使用できることを確認いただきました。

次に、実際の授業に本システムをご利用頂きました。

公開授業では、本校と府立を結んでご利用頂きました。本校にはピアノや木琴鉄琴、ドラム、リコーダ等各種の楽器と府立には電子楽器(キーボード)を使用して、合奏して頂きました。演奏した結果を録音し、両方の拠点で聞いて頂き、授業に活用して頂きました。

また、「卒業生を送る会」の準備として、3拠点を結んでご利用頂きました。その際、システムの準備については、本校を除き、職員のみで実施頂きました。

この事から、運用を含めたシステム全般として問題のないことを確認しました。

(ウ) 今後の課題

本システムにおける今後の課題を以下に記述します。

システム全般について

- ・ ある程度の遅延時間での実装は出来ましたが、音楽の授業に置いては更なる遅延時間の短縮が必要と思われます。
- ・ 本システムは、桃陽総合支援学校 本校及び分教室でのみ利用可能な物となっています。今後他の場所でも使用可能なシステムとする必要があると思われます。

ユーザインターフェースについて

- ・ 短期間でも習得可能な操作画面を用意出来ましたが、異常時の対応については十分とは言えない状態です。より使い勝手の良い操作画面の開発が必要と考えます。

機器について

- ・ システムをラックに収納した事により、教室での利用については使い勝手の良い物になりましたが、ベッドサイドでの使用には装置が大きくなりすぎました。今後はベッドサイドでも使用出来る様に小型化の検討が必要と考えます。
- ・ 音楽の授業を想定し、音声用のマイクを多数用意しましたが、用途が広がるにつれて同マイクでは扱いが難しい事がありました。用途に合わせてマイクなどの集音機材を検討する必要があります。
- ・ 体育館でもご利用頂きましたが、システムのラックは相当の重量である為、大人数名で運ぶ必要がありました。より可搬性の高い物を検討する必要があります。

4. システムの利用マニュアル等の作成

以下のマニュアルを作成し、講習会を実施しました。

なお、成果物として、作成したマニュアル等を添付します。

操作マニュアル：

「リモート・コンサートホール」システム(専用版)講習会資料

利用方法に関するガイダンスビデオ：

「RCH システムガイダンスビデオ 専用機器・センター版 起動編」

「RCH システムガイダンスビデオ 専用機器・センター版 接続編」

「RCH システムガイダンスビデオ 専用機器・センター版 終了編」

5. 最後に

先日、桃陽総合支援学校にて実施された「卒業生を送る会」に立ち会いまして、本年度の業務を終了しました。

本件ご提案申し上げた頃に「遅延時間があるにもかかわらず TV 会議システムを使い校歌を合唱した。」とのお話を伺いずっと気になっておりましたが、本事業の最後に「卒業生を送る会」にて本システムをご利用頂き一定の評価を頂いたことは何より嬉しく感じております。

本業務を遂行するにあたりご協力頂きました関係者の皆様に御礼申し上げます。

桃陽総合支援学校の教職員の皆様

生徒の皆様

教育委員会情報化推進総合センターの皆様

開発にご協力頂き、貴重な時間と意見を頂きましたお陰で開発、試験を実施出来ました。誠にありがとうございました。

また、本システムは多数のオープンソースソフトウェアやフリーソフトの集合体です。「組合せの妙」とでもいうべき、絶妙なバランスにより成り立っています。これ程までに優れた機能を有した各ソフトウェアがリリースされたタイミングだったことは非常に良い巡り合わせでした。各ソフトウェアを開発された方々に御礼を申し上げると共に感謝したいと思います。

本業務を振り返りますと、システムの開発を始めて 3 ヶ月程経った頃、地域協議会に出席させて頂きまして、プロトタイプ第 1 版を用いてデモを実施しました。その会議の席で、保護者の方から「院内学級に通っている立場からすれば、第 1 の目的は治療であり、子供の命が助かること。」「このシステムが間接的にではあるが子供の命を救う事になると期待している。」とのお言葉を頂きました。当時、正直それほどまで期待され、注目されているとは思ってもみなかっただけにとっても信じられませんでした。

しかし、その後システムの実証試験を続ける中で、生徒さん達の中に点滴のスタンドを引きながら授業に出席し、楽しそうに合奏している姿を見ました。担当の先生に尋ねた所、昨日まではベッドで寝ていたのにも関わらず、本人の意志で出席しているとの事でした。その事を聞いた時、先に保護者の方から頂いたお言葉の意味がやっと分かった様に思いました。

教育や治療については全くの素人ですが、これ程まで生徒さん本人がモチベーションを高めているのであれば、教育や治療についての効果は少なからず良い影響を与えている事と思います。今でも生徒さんが楽しそうに合奏している姿が非常に印象的だったことを思い出します。

さて、当初想定していた音楽の授業だけで無く、英語劇等他の学科に置いてもご利用頂き高い評価を頂きました本システムですが、ご利用頂く機会が広がるにつれて要望頂く内容も広がりまだまだ不足している点も数多く存在することが見えて来ました。前述の「絶妙な組合せ」とは、悪く言い換えれば、「寄せ集め。」欠点も数多く残っている事も事実です。また、本システムは閉じたネットワーク内でのみご利用頂けるものであり、現状、桃陽総合支援学校 本校及び分教室でのみ利用可能なシステムとなっております。残念ながら京都市内の他校や他の地域ではご利用頂く事が出来ず利用場所が限られたものとなっております。

今後の発展については、様々な方向性が考えられますが、インターネット技術(コミュニティ)の恩恵に与った本システムは、京都のこの地に止めるべき物では無く、この成果と共に広めていくべきものであると考えます。今後もより多くの機会に利活用頂けるシステムとする為に、現状に留まること無く、システム開発を継続しさらなる性能の向上と共に汎用化を進め、この成果を幅広く世の中に広めて頂きたいと思えます。

以上を本書の最後にご報告申し上げます。

6. 添付書類等

- (ア) 方式検討経緯
- (イ) 操作マニュアル
- (ウ) 利用方法に関するガイダンスビデオ