2026年6月19日 Version 1.4

ハッカソン ～変更履歴～

チーム40
24G1021：宇井　祐真
24G1026：梅野　大誠
24G1136：山口　侑希
25G1020：薄井　悠希
25G1041：菊池　侑人
25G1059：佐藤　涼菜

目次

第 1 章　プロジェクトの変更履歴 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
1.1　第 6 週 ・・ 1
1.1.1　マネジメント計画書の変更内容 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
1.1.2　システムの計画書の変更内容 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
1.1.3　その他，追記事項 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
1.2　第 7 週 ・・ 3
1.2.1　マネジメント計画書の変更内容 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3
1.2.2　システムの計画書の変更内容 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 5
1.2.3　その他，追記事項 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6
1.3　第 8 週 ・・ 7
1.3.1　マネジメント計画書の変更内容 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 7
1.3.2　システムの計画書の変更内容 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 8
1.3.3　その他，追記事項 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 8

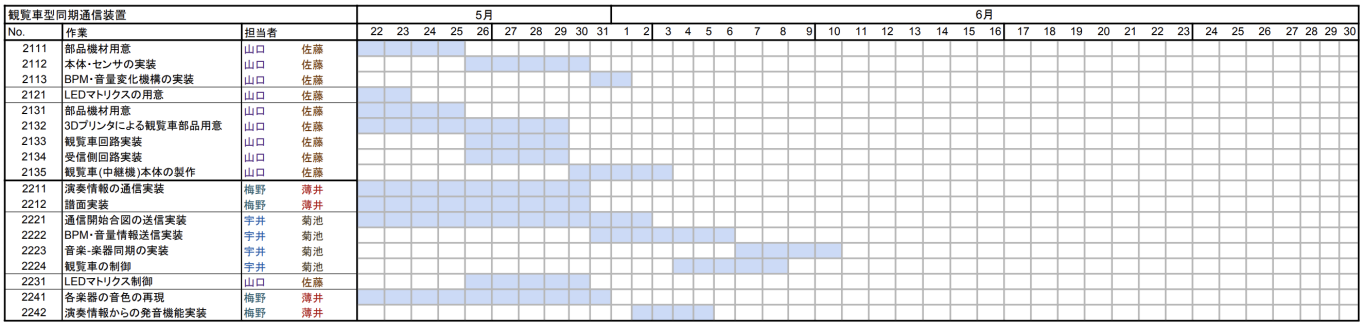

図 1.1　修正前のガントチャート（実装フェーズ）

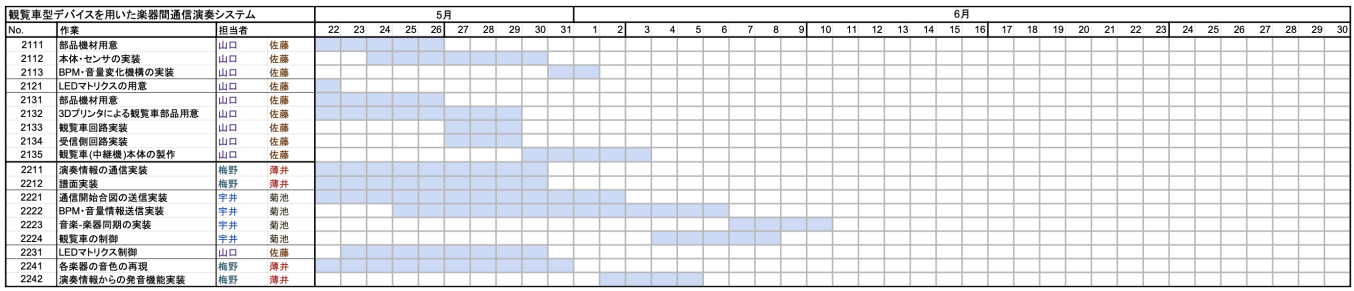

図 1.2　第 6 週で修正後のガントチャート（実装フェーズ）

第 1 章　プロジェクトの変更履歴

1.1　第 6 週

1.1.1　マネジメント計画書の変更内容

第 6 週のマネジメント計画書の修正点は以下の通りである.

・ガントチャート修正

図 1.1 に修正前の実装フェーズガントチャートを，図 1.2 に修正後の実装フェーズ

ガントチャートを示している．今週は，機材の調達に時間がかかったことを主な原因として，実機材を扱う作業について作業日程が前後した．これらの修正について，機材の不足による動作確認の行程を考慮し，全員が対面で集合する水曜日から作業が変更されるような計画に変更した．また，修正を行ったことによる影響は 7 週目だけで留まり，後ろの作業行程には影響を与えないと評価する．

1.1.2　システムの計画書の変更内容

第 6 週のシステム計画書の修正点は以下の通りである．

・中継機について使用機材，設計の変更
・波形生成プロセスの変更
・指揮デバイスの動作変更およびそれに伴う実装変更

まず，中継機について，使用機材がレーザーモジュールになったことにより，それに対する適切な抵抗値を検討し，使用する抵抗が 100 Ωから 150 Ωへと変化した．加えて，電池の型番も LR44 から CR3020 へと変化した．これは，本体設計における使用機材検討の議論により，より簡易に実装が可能になると判断したためである．さらに，観覧車自体の円周リングについても，3D プリンターの寸法などを考えて直径 20cm より直径 16cm 程度のサイズへ変更を行った．

次に，波形生成プロセスについて大幅な変更を行った．現設計では，機械的な倍音合成を用いて音声波形を生成しているが，低音域や高音域での音色の再現度が低下する問題が挙げられた．そのため，データ抽出の段階で周波数と振幅をセットで抽出し，音声波形の主な特徴を押さえた波形を用いる設計とした．

次に，指揮デバイスの動作および実装の変更を行った．前回の指揮デバイスに対する加速度センサの必要のなさという課題を受け，センサ検知で電源のオンオフを切り替えていたものを変更し，データ送信のための必要動作として再定義を行なった．

1.1.3　その他，追記事項

その他の追記事項として，楽器 Arduino での関数設計について変更の余地が考えられる．現段階の設計書では引数なしとなっている関数が，実装の際には引数が必要なのではないかという意見が挙げられた．しかしながら，グローバル変数の実装などを用いることで設計書通りの内容での実装が可能との意見も挙げられたため，今週は変更の余地があるといったことを示しておく．

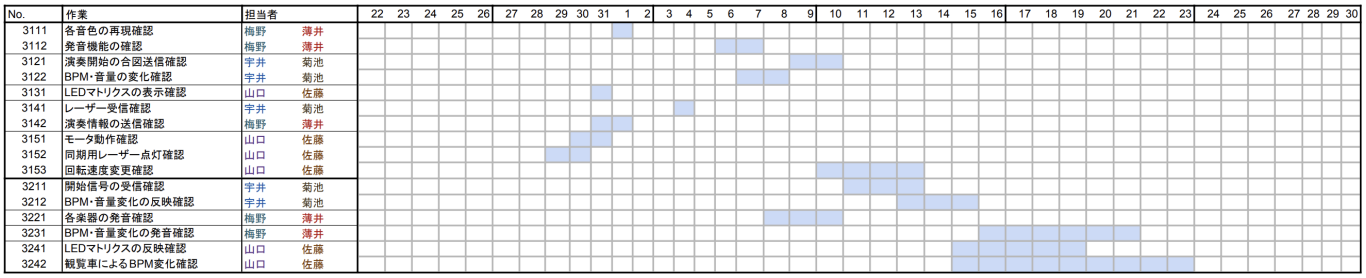

図 1.3　変更前のガントチャート（テストフェーズ）

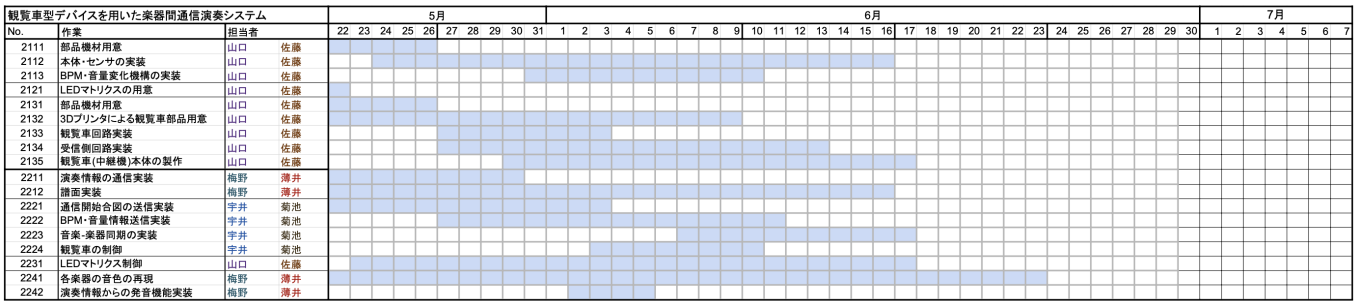

図 1.4　第 7 週で変更したガントチャート（実装フェーズ）

1.2　第 7 週

1.2.1　マネジメント計画書の変更内容

第 7 週のマネジメント計画書の変更内容は以下の通りである．

・ガントチャート更新
・アローダイアグラムとクリティカルパス更新

図 1.2，1.3 にここまでの各フェーズのガントチャートを，また，図 1.4，1.5 に第 7 週時点最新のガントチャートを示している．主な変更理由としては，休校の影響による制作期間の延長や，対面で作成できる機会損失による結合作業の遅れが挙げられる．まず，図 1.4 に示す実装フェーズは，図 1.2 に示す前回と比較して，指揮デバイスや中継機といったハードウェア実装の期間を伸ばしてある．実質的には修正前のガントチャートを踏襲しており，今週から各機能の結合を行うためである．今回は対面

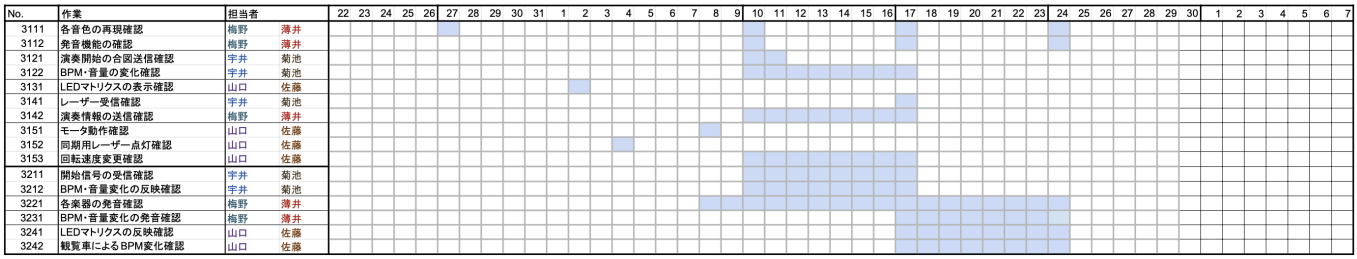

図 1.5　第 7 週で変更したガントチャート（テストフェーズ）

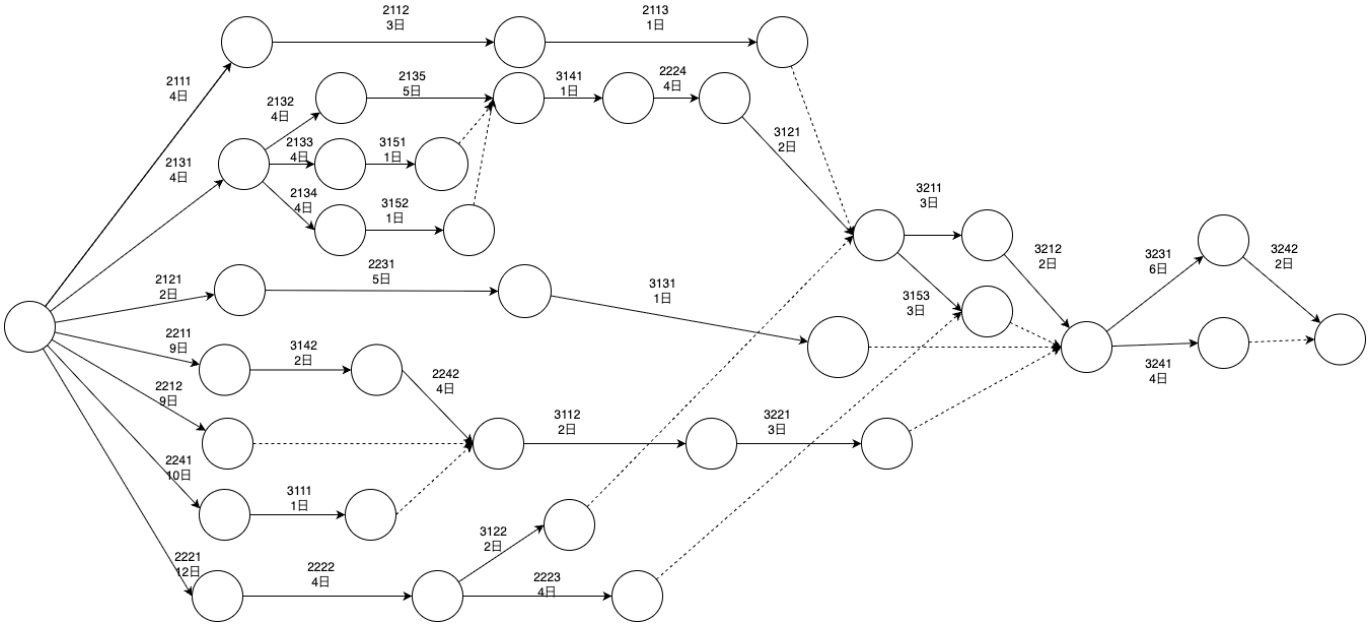

図 1.6　変更前のアローダイアグラム

での作業機会損失を考え，延長することとした．また，楽器音の修正や譜面の作成などについて，クオリティ向上のため継続的に開発していくことを考え，開発期間を第 6 週いっぱいまでとした．次に，図 1.5 に示すテストフェーズは，図 1.3 に示す前回と比較して，単体テストと結合テストの期間延長およびテスト実施日が固定化されている．まず期間延長における機能結合の遅れを考慮して，各単体テストや結合テストを 6 週目に行うこととした．また，テスト項目について，各担当者が実際に集まる日が最も都合よく開発できるとの意見が上がったため，各結合テストは水曜日に集約させ，可能な限り担当者同士で連携し単体テストを行うこととした．

さらに，制作期間延長を理由とし，図 1.6 に示すアローダイアグラムを，図 1.7 に

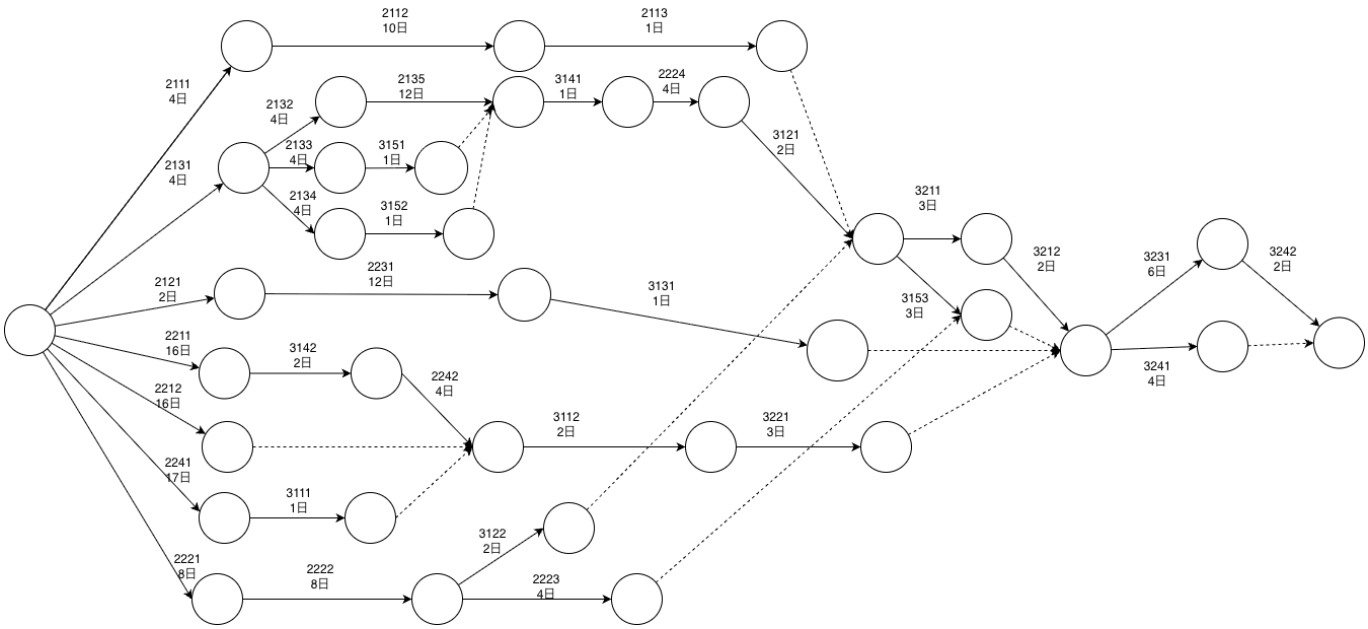

図 1.7　第 7 週で変更したアローダイアグラム

示すように 7 日分延長した．その影響でクリティカルパスも 33 日から 40 日へと変化している．

1.2.2　システムの計画書の変更内容

第 7 週のシステム計画書の修正点は以下の通りである．

・中継機について使用機材の変更
・通信面についてファイル構成および変数や定数，関数の変更
・楽器音に対して反響音の追加，デバッグ機能の実装
・Arduino-PC 間の通信方式の修正

まず，中継機について，使用機材としてスライドスイッチを追加し，またボタン電池とホルダーを CR2477 へ変更した．これは，設計時に利用するレーザーが低電圧で動作することを確認し，変更によりサイズ縮小や軽量化を図ることができたためである．また，電池の変更により，スイッチを新たに追加する必要があったため，実回路の設計も変更した．

次に，通信面についてファイル構成および変数や定数，関数の修正を行った．ファイル構成について，現在までの設計では指揮デバイスと観覧車中継機のファイルが混

同しており，実装およびレビュー時に役割の切り分けが難しいといった問題があった．そのため，指揮デバイスと観覧車中継機のファイルを分離し，役割を明確化させた．また，変数などの変更に関して，計画書中でルーター関連や各楽器デバイスの IP アドレスといった情報を持つ成果物が不足していた．そのため，実際の実装環境に合わせて必要な機能を追加した．

次に，楽器音に対して反響音を追加し，また processing 内で完結するデバッグ機能の追加を行った．現在の楽器音は波形特徴を押さえた合成波形になっているものの，実楽器に存在する反響音成分が不足しており，楽器再現度がいまひとつである場合があった．そこで，反響音を追加することで，それぞれの楽器音らしい広がりを楽器音に付与し，班内の聴取実験でも再現度の向上が認められた．また，楽器からの発音機能は Arduino システムとの結合が前提であり，processing のみでは動作確認が難しい問題があった．そのため，processing のみで発音を行える拡張機能をデバッグのために作成することで，楽器音のクオリティ向上に貢献した．

次に，Arduino と PC 間の通信方式について修正を行った．設計書の修正以前では，Arduino から PC へは Serial.write 関数を用いて生バイトデータを送信すると記述されていたが，PC では Serial.print 関数で送信された文字列データを解釈すると記述されており，2 つの方式が設計書内で混同していた．これに対し，楽器担当者間で協議を行い，通信ヘッダの認識精度やパケットの分割処理の追加，通信回数が増加した際のタイミング遅延を考慮し通信方式として Serial.print を用いた文字列形式を採用した．

1.2.3　その他，追記事項

その他の追記事項として，以下が挙げられる．

・Serial 通信の BPM 遅延

まず，Arduino-PC 間の Serial 通信における BPM 遅延が確認されている．この理由としては，Serial.print で書き込みを行っている際に Arduino 内の処理が止まってしまっていることが考えられる．そのため，速度を重視し，今回棄却した write 関数による高速な通信方式を採用する可能性がある．しかし，現段階ではどの程度遅延が BPM に影響を与えるかを具体的に解明できていないため，それに対する対策を考案・実装したのち，対策の与える効果によって判断する．

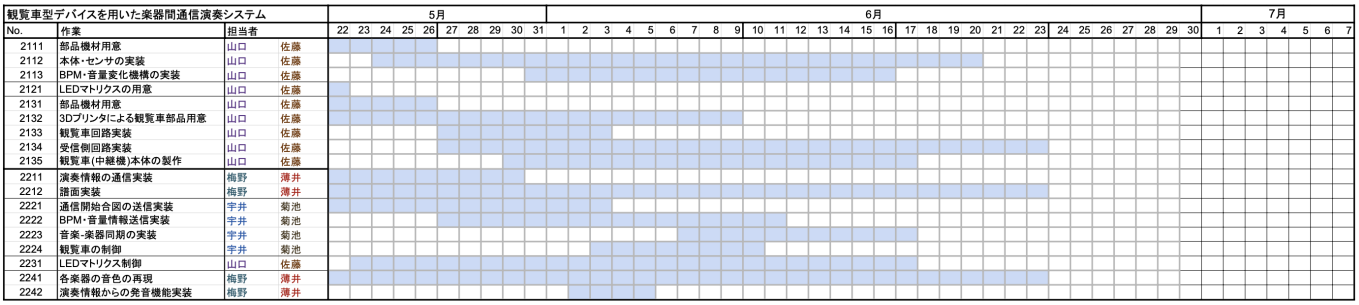

図 1.8　第 8 週で変更したガントチャート（実装フェーズ）

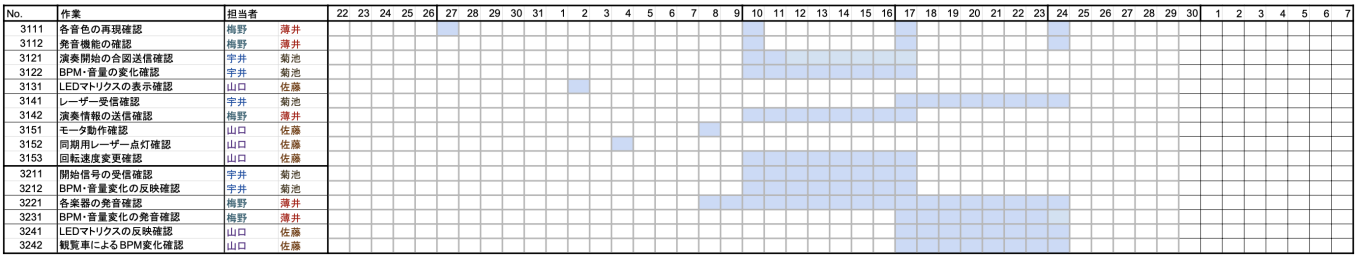

図 1.9　第 8 週で変更したガントチャート（テストフェーズ）

1.3　第 8 週

1.3.1　マネジメント計画書の変更内容

第 8 週のマネジメント計画書の修正点は以下の通りである．

・ガントチャート更新

図 1.4，1.5 にここまでの各フェーズのガントチャートを，また，図 1.8，1.9 に第 8 週時点最新のガントチャートを示している．これらの主な変更理由としては，実際の実装状況及びテスト項目の作業遅延を考慮し，余裕を持ったシステムの実現を目指すためである．まず，図 1.8 に示す実装フェーズについて，図 1.4 に示す前回と比較して，主にハードウェアの実装期間を延長した．これは，実際の実装について回路や素子を結合した場合の動作を確認しながら進めているため，想定よりも実装時間がかかってしまっているためである．

次に，図 1.5 に示すテストフェーズについて，図 1.3 に示す前回と比較して，レーザーの受信確認テストの日程を延長した．これは，ハードウェアの実装が少々遅延し，6/17 の授業日にレーザー関連の実装まで完了しなかったためである．

1.3.2　システムの計画書の変更内容

第 8 週のシステム計画書の修正点は以下の通りである．

・指揮機および中継機について使用機材の変更
・通信面についてクラス構成，関数および IP 設計の修正
・楽器音について，音質向上のための処理および波形生成プロセスの更新

まず，指揮機について，外部電源である 9V アルカリ電池を使用する計画を変更し，USB 給電で行うこととした．これは，実際の実装・テスト環境において 9V 電源なしでも正常な動作が確認でき，削除することで指揮機の更なる軽量化が期待できるためである．また，中継機についてもジャックからの外部給電を行っていることから 9V アルカリ電池が不要なため，設計から削除した．

次に，通信面について，クラス構成や関数および IP 設計の修正を行った．クラス構成や関数の設計については主にリファクタリングによるもので，新たにセンサー処理を担当するクラスを追加し，機能の分割化を行った．また，IP 設計については輪唱のための個別送信のため，楽器ごとの個別 IP を追加しマルチキャストに対応した．

次に，楽器音について，まず音質向上を期待し，ノイズ防止のフィルターや各楽器の振幅計算の修正を行った．また，スネアやハイハットといった打楽器について，今までの生成プロセスでは限界があり，再現度が上がらないといった状況であった．そのため，ホワイトノイズとパルス信号を用いた新たな波形生成プロセスを実装することによって，再現度の向上を図っている．

1.3.3　その他，追記事項

その他の追記事項として，以下が挙げられる．

・同期通信による輪唱方式の再検討

現在，輪唱の方式としては BPM から数小節分の時間を計算し，開始時間から比較しその遅延時間を含めて開始信号をずらすことで実現をしている．しかし，この実装はいわゆる休符をもつことと意味的に等しい実装であり，今回のシステム要件に対して

不適切である．そのため，次週までに新たな同期方法の考案を行う必要がある．現在，マスターテンポ・タイマーを用意し，そのタイマーを送信することで楽器側がタイミングを観測し輪唱を行う方法と，観覧車の回転によるレーザーのインパルス回数から回転数を予測し，回転と同期し輪唱を行う方法が挙げられているが，これらの方法やさらに別の方法を考案し，実装することが現在の課題である．