

分散システム振舞い検証のための可聴化の試行

Trial of data sonification to validate the behavior of a distributed system

早勢 欣和

HAYASE Yoshikazu

修 (工) 富山高等専門学校 (〒 933-0293 富山県射水市海老江練合 1-2, E-mail: hayase@nc-toyama.ac.jp)

A distributed system as a problem-solving environment works based on cooperative structures. In particular, an autonomous asynchronous cooperation system such as a Web-based PSE has complex collective behavior because they do not cooperate sequentially. So far, the behavior of a distributed system has been observed by visualizing the state changes of each computer. Incidentally, auditory information obtains without concentration, but visual information must see consciously. This trial examines the effectiveness of data sonification to validate the behavior of a distributed system.

Key Words : Problem Solving Environment, Distributed System, Sonification

1. はじめに

ネットワークや Web の基本的な技術を用いて構築できる分散システムは、ネットワークに接続された双方向通信可能なコンピュータ群であるだけでも言えるが、各コンピュータにデプロイするソフトウェアパッケージが互いに連携して問題を解決するといった、Web ベース問題解決環境として利用できる。中でも、自律的かつ非同期で個々のソフトウェアパッケージが連携処理を行う自律的非同期連携システムでは、任意のシステム状態から、一斉あるいは徐々に連携処理を開始することができ、更にはシステムを停止することなく構成するコンピュータを増減することもできる。システムの挙動は自律的非同期連携の場合は特に複雑だが、個々のコンピュータの状態変化が収まる、あるいは僅かになるなどすることがある。連携構造や連携処理の内容によるが、全てのコンピュータが収束状態にあるとき、分散システムの状態を連携処理による解として捉えることができる。なお、一旦ひとつの解に収束しても、構成するコンピュータ群内で僅かでも変化が生じると、連携処理が再開し、時には全体にまで拡散して、再び収束状態となるまで繰り返すことになる。こうした分散システムを問題解決環境として用いることで、解を一意に求めることができない問題に対しても解を提案することができる [1]。さて、分散システムにおける連携処理は、ワークフローとして記述できる場合は処理の過程をチェックポイントにおける局所的観測も可能だが、各所で同時に連携処理が行われるといった場合はシステム全体の観測となる。これまで分散システムの状態データの観測は、可視化による手法に取り組んできたが、この場合、観測者は意識して他の作業を停止し注視する必要がある [2][3][4]。これに対し、可聴化した情報であれば視野を邪魔しないことから、分散システムの状態変化の観測を他の作業と並行して観測できることが期待できる [5]。今回は、分散システム振舞い検証のための可聴化を行うためのシステム構想と、状態遷移時系列データからの音生成の試行について述べる。

2. システム構成構想

各コンピュータ間でデータのやり取りが必要な問題解決環境としての分散システムは、分散ファイルシステムによるファイル共有や、Web などといった基本的な技術を用いることで容易に構築できる。処理の流れをワークフローで示すことができる分散システムであれば、チェックポイントを設けて全コンピュータの処理を一時停止することで、任意の時刻におけるシステム全体の状態データを取得できる。しかし、自律的非同期連携システムではシステム全体としての処理ステップそのものがないため、外部におけるステップ毎の観測となる。ポータルサーバなどで行う外部観測では、数値などを含むテキストによる時系列データを取得することができ、Web ブラウザなどでポータルサーバにアクセスし確認することができる。これまでは、システム状態観測には、HTML5 の canvas 要素を用いてデータを可視化することを行ってきた。今回は、図 1 のシステム構想図に示すように、音を生成するために Web Audio API を用いてデータを可聴化する [6]。分散システムの状態情報から何を可聴化するのか、その有効性の検証のための実験環境構築を目的とする。

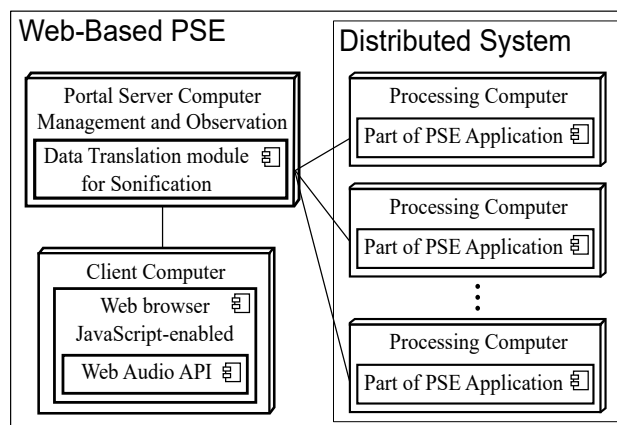


図-1 システム構想図

3. 外部観測データ可視化例

自律的非同期連携システムで求めた四彩色問題の解から作図した例を図2に示す．領域毎にコンピュータを割り当て、それぞれの状態(色値)の変化に伴い、動的に表示画像は変化する．

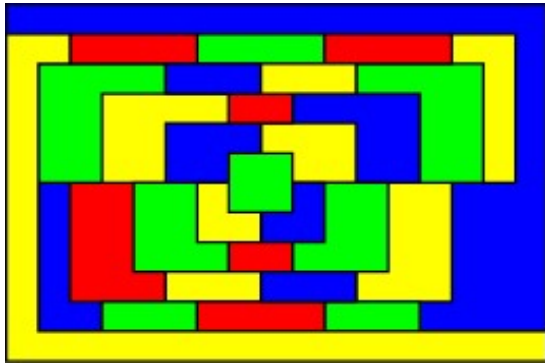


図-2 四彩色問題の一つの解

ソーティング問題を解いた際の各コンピュータ状態の変化に伴う時系列データを可視化した例を図3に示す．各コンピュータが自身の状態変化をログとして記録したものであるが、解の状態となると、各コンピュータは状態変化することがなくなり、収束状態となる．

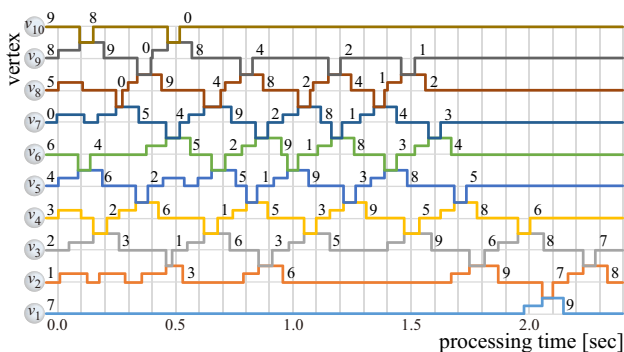


図-3 ソーティング問題における処理時系列データ

4. 可聴化の方法

外部観測時間毎の観測で得られる時系列データとなる分散システムの状態の値を可聴化するために、コンピュータ毎に割り当てる id 番号と各コンピュータの状態データ $data_{id}$ の各値を用いて音生成を行う．例えば、音階は id 番号、音量は状態データ $data_{id}$ で決定とする．標準音 A4 440[Hz] を基準として、 id 番号を用いてコンピュータ毎に割り当てる音階 $scale_{id}$ は、式1のように決定する．

$$scale_{id} = 440 \times 2^{\frac{id}{12}} \quad (1)$$

音量は、外部観測時間 t_o における状態データ $data_{id}$ の値のみから正規化し決定する方法と、直前の外部観測時間 t_{o-1} における状態データ $data_{id}(t_{o-1})$ との変化量に基づいて決定する方法などある．分散システム状態の観測観点によって、音階と音量の決定などのパラメータは入れ替えることになる．

5. 生成サンプル

分散システムの各コンピュータは、それぞれの状態変化をログファイルとして記録する．外部観測のためのポータルサーバで全てのログファイルを集めて時間で並び替えた一つの時系列データに加工することができる．図2の構造となる四彩色問題を解く際における各領域の時系列変化から生成した音源の一部を図4に示す．ここでは、時系列データで出現する順に、音階を領域 id 、音量を色 $color$ の値に基づき音を生成した．

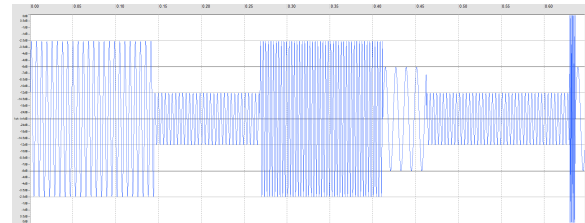


図-4 生成した音源の波形サンプル

6. おわりに

分散システムの振舞いの観測から得られるデータの可聴化を試み、問題解決後のログデータから時系列順に生成した音が聞き取り可能であることを確認した．今後、四彩色問題における観測のように、複数個のデータが同時に得られる場合についても試行する予定である．この場合、複数の音階を重ね合わせるなどして生成することになるが、分散システムの状態のどのような要素をどのように組み合わせるのか、また可聴化した情報の有効性について検討する必要がある．

参考文献

- [1] Yoshikazu HAYASE, Shigeo KAWATA Unique functions of an autonomous asynchronous cooperation useful to a problem-solving environment (PSE) *Transactions of the Japan Society for Computational Engineering and Science*, Volume 2018 (2018), Issue 1, Pages 20181004, 2018
- [2] 早勢 欣和, Web ベース PSE のための動的外部観測における可視化処理 第 24 回問題解決環境ワークショップ 2022 論文集, pp.21-23, 2022
- [3] 早勢 欣和, 自律的非同期連携システムの確率的振舞いに関する検討 計算工学講演会論文集, Vol.23, F-03-04, 2018
- [4] 早勢欣和, 宮地英生 WAPSE における Web ベースエージェントの振る舞いの OpenGL フェージョンによる可視化を用いた検討 計算工学講演会論文集, Vol.17, H-3-4, 2012
- [5] Kramer, Gregory; Walker, Bruce; Bonebright, Terri; Cook, Perry; Flowers, John H.; Miner, Nadine; and Neuhoof, John, Sonification Report: Status of the Field and Research Agenda *Faculty Publications, Department of Psychology*. 444, 2010
- [6] Web Audio API, <https://www.w3.org/TR/webaudio/>, W3C Recommendation, 17 June 2021