

明 細 書

発明の名称： 連携装置および連携方法

参照による取り込み

- [0001] 本出願は、令和2年（2020年）6月9日に出願された日本出願である特願2020-100121の優先権を主張し、その内容を参照することにより、本出願に取り込む。

技術分野

- [0002] 本発明は、複数のシステムを連携する連携装置および連携方法に関する。

背景技術

- [0003] 病院や消防署、工場といった実環境の挙動をコンピュータ上で模擬する個別の仮想システム（以下、個別システム）として、実環境の状態を観測し、個別システム内でのシミュレーションにより最適なアクションを決定し、実環境に対し最適アクションを提示するサイバーフィジカルシステム（CPS：Cyber Physical System）がある。
- [0004] 下記特許文献1は、広域工場生産管理システムを開示する。この広域工場生産管理システムは、各地の実在工場に対応する複数の仮想工場システムを統合した統合仮想工場システムと、実在工場の生産実績を遠隔監視する統合遠隔監視システムと、受注統括管理システムと、物流統括監視システムと、生産計画手段と、を備える。仮想工場システムは、実在工場をデータモデル化した仮想工場に模擬生産を行わせてその生産状況を検証するシミュレーション手段により構成される。生産計画手段は、統合仮想工場システムや他の各システムの得られる情報に応じて、各実在工場に分担させる生産計画を生成する。

先行技術文献

特許文献

- [0005] 特許文献1：特開2002-373191号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、上述した特許文献1では、個別システムが観測できるデータ範囲は限られており、個別システムのKPI（重要業績評価指標（Key Performance Indicator）の略）の改善に限界がある。

[0007] 本発明は、個別システム単独では改善できなかった評価指標の改善し、連携した複数の個別システムの全体最適化を図ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本願において開示される発明の一側面となる連携装置は、プログラムを実行するプロセッサと、前記プログラムを記憶する記憶デバイスと、を有する連携装置であって、前記プロセッサは、各々実環境の挙動を模擬して前記実環境に関する指標値を出力する個別システム群から複数の個別システムを選択する選択処理と、前記選択処理によって選択された複数の個別システムの各々が模擬した挙動によって得られる前記実環境に関する内部状態の各々を共有して共有内部状態を生成し、前記共有内部状態に基づいて、前記複数の個別システムが連携した場合における前記複数の個別システムの各々からの連携後指標値を統合した連携後統合指標値を最適化するような、前記複数の個別システムが連携した場合の前記個別システムの各々が採り得べきアクションを決定する決定処理と、前記連携後指標値と、前記複数の個別システムの各々からの指標値と、に基づいて、前記複数の個別システムを連携すべきか否かを判定する判定処理と、前記判定処理による判定結果を出力する出力処理と、を実行することを特徴とする。

発明の効果

[0009] 本発明の代表的な実施の形態によれば、個別システム単独では改善できなかった評価指標の改善し、連携した複数の個別システムの全体最適化を図ることができる。前述した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施例の説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

[図1] 図1は、実施例1にかかる個別システムの構成例を示すブロック図である。

[図2] 図2は、救急車システムの模擬例1を示す説明図である。

[図3] 図3は、救急車システムの模擬例2を示す説明図である。

[図4] 図4は、救急車システムの模擬例3を示す説明図である。

[図5] 図5は、図2～図4の模擬例1～3におけるシミュレータの内部状態の一例を示す説明図である。

[図6] 図6は、図2～図4の模擬例1～3におけるシミュレータのアクションの一例を示す説明図である。

[図7] 図7は、図2～図4の模擬例1～3におけるシミュレータのKPI計算結果の一例を示す説明図である。

[図8] 図8は、病院システムの模擬例1を示す説明図である。

[図9] 図9は、病院システムの模擬例2を示す説明図である。

[図10] 図10は、病院システムの模擬例3を示す説明図である。

[図11] 図11は、病院システムの模擬例4を示す説明図である。

[図12] 図12は、図8～図11の模擬例1～4におけるシミュレータの内部状態の一例を示す説明図である。

[図13] 図13は、図8～図11の模擬例1～4におけるシミュレータのアクションの一例を示す説明図である。

[図14] 図14は、図8～図11の模擬例1～4におけるシミュレータのKPI計算結果の一例を示す説明図である。

[図15] 図15は、実施例1にかかる連携システムの構成例を示すブロック図である。

[図16] 図16は、連携システムのシステム構成例を示す説明図である。

[図17] 図17は、コンピュータ（連携装置および個別システム）のハードウェア構成例を示すブロック図である。

[図18] 図18は、事前評価部による事前評価例1を示す説明図である。

[図19]図19は、事前評価部による事前評価例2を示す説明図である。

[図20]図20は、事前評価部による事前評価例3を示す説明図である。

[図21]図21は、事前評価部による事前評価例4を示す説明図である。

[図22]図22は、図18～図21の模擬例1～3におけるシミュレータの共有内部状態の一例を示す説明図である。

[図23]図23は、図18～図21の模擬例1～3におけるシミュレータの統合アクションの一例を示す説明図である。

[図24]図24は、図18～図21の模擬例1～3におけるシミュレータの連携前統合KPI計算結果の一例を示す説明図である。

[図25]図25は、図18～図21の模擬例1～3におけるシミュレータの連携後統合KPI計算結果の一例を示す説明図である。

[図26]図26は、図18～図21の事前評価例1～3における救急車システムのシミュレータの連携後KPI計算結果の一例を示す説明図である。

[図27]図27は、図18～図21の模擬例1～3における病院システムのシミュレータの連携後KPI計算結果の一例を示す説明図である。

[図28]図28は、統合KPIリストの一例を示す説明図である。

[図29]図29は、システム連携比較観点の一例を示す説明図である。

[図30]図30は、判定部による判定処理例を示す説明図である。

[図31]図31は、実施例1にかかる連携装置による複数の個別システムの連携処理手順例を示すフローチャートである。

[図32]図32は、連携後の統合システムによる運用例を示すブロック図である。

[図33]図33は、救急車システムの構成例を示すブロック図である。

[図34]図34は、病院システムの構成例を示すブロック図である。

[図35]図35は、統合システムにおける個別システムの接続例1を示すブロック図である。

[図36]図36は、統合システムにおける個別システムの接続例2を示すブロック図である。

[図37]図37は、接続指定情報管理テーブルの一例を示す説明図である。

[図38]図38は、実施例2にかかる連携装置による複数の個別システムの連携処理手順例を示すフローチャートである。

[図39]図39は、実施例3にかかる個別システムの構成例を示すブロック図である。

[図40]図40は、KPI監視部および状態誤差監視部による監視例1を示すグラフである。

[図41]図41は、KPI監視部および状態誤差監視部による監視例2を示すグラフである。

[図42]図42は、実施例3にかかる選択部による連携対象の選択例を示す説明図である。

発明を実施するための形態

実施例 1

[0011] <個別システム>

図1は、実施例1にかかる個別システムの構成例を示すブロック図である。個別システム100とは、実環境130の挙動をコンピュータ上で模擬する個別の仮想システムである。具体的には、たとえば、個別システム100は、実環境130から状態観測131により得られた状態観測データ132や予測データ133が入力された場合に、実環境130の挙動を解析し、KPIリスト140で指定されたKPIの種類についてKPI計算結果150を出力したり、最適アクション160を出力したりするCPSである。

[0012] 実環境130とは、解析対象となる実際の環境である。たとえば、個別システム100が救急車を配車する救急車システムの場合は、実環境130は救急車を有する消防署である。また、個別システム100が病院の患者受け入れ可能数やICU（集中治療室（Intensive Care Unit）の略）使用可能数を管理する病院システムの場合は、実環境130は病院である。

[0013] 状態観測131は、実環境130の状態を観測し、状態観測データ132

として個別システム１００に入力する。状態観測１３１は、個別システム１００内外のコンピュータでもよく、実環境１３０を管理するユーザでもよい。実環境１３０が救急車システムの場合、状態観測データ１３２は、たとえば、観測日時における救急車の待機台数および出動台数、出動要請元の患者情報、および、出動先の位置情報を含む。実環境１３０が病院システムの場合、状態観測データ１３２は、たとえば、観測日時における患者受け入れ可能数およびＩＣＵ使用可能数を含む。また、予測データ１３３は、過去の特定の曜日や日付における状態観測データ１３２である。

[0014] ＫＰＩリスト１４０とは、個別システム１００の出力対象となるＫＰＩの種類を規定するリストデータである。たとえば、個別システム１００が救急車システムの場合、ＫＰＩリスト１４０は、対象となる全消防署における救急車の平均搬送時間をＫＰＩの種類として含む。搬送時間とは、救急車が消防署を出発してから、患者を載せて、指定された病院への搬送が完了するまでの時間である。

[0015] また、個別システム１００が病院システムの場合、ＫＰＩリスト１４０は、対象となる全病院における患者の平均処置時間を含む。処置時間とは、患者が病院に到着してから処置が完了するまでの時間である。処置とは、医師が傷病の手当てをする医療行為であり、たとえば、怪我や外傷に対する創傷処理、火傷したときの熱傷処理、人工呼吸、胃洗浄等がある。

[0016] ＫＰＩ計算結果１５０は、状態観測データ１３２や予測データ１３３が入力された場合に、ＫＰＩリスト１４０で種類が指定されたＫＰＩの値である。たとえば、実環境１３０が救急車システムであれば平均搬送時間、病院システムであれば平均処置時間である。

[0017] 最適アクション１６０は、実環境１３０で採り得べき最適な行動である。個別システム１００が救急車システムの場合は、たとえば、患者の位置から最も近い病院であり、個別システム１００が病院システムであれば、患者の受け入れが可能で、かつ、ＩＣＵの使用が可能な病院である。

[0018] 個別システム１００は、シミュレータ１０１と、アクション最適化部１０

2と、を有する。シミュレータ101は、シミュレータ101内の状態値を示す内部状態111と、ある内部状態111のときに行う行動を定めたアクション112を保持し、KPI計算結果150を出力する。アクション最適化部102は、シミュレータ101の採り得るアクション112のうち、KPIを最大にするように、ある観測日時における内部状態111に対する最適アクション160を決定する。

[0019] シミュレータ101およびアクション最適化部102は、たとえば、強化学習を用いることにより実現可能である。具体的には、たとえば、強化学習の状態sが内部状態111、行動aがアクション112、報酬rがシミュレータ101を一定期間（たとえば、1日）実行したときのKPIである。

[0020] <救急車システムの模擬例>

つぎに、個別システム100が救急車システムである場合のシミュレータ101による模擬例について、図2～図4を用いて時系列で説明する。以降の図で、病院Ha～Hd、消防署Fa～Fc、救急車Aa～Ad、および患者Pa～Pcが登場するが、病院Ha～Hd、消防署Fa～Fc、救急車Aa～Ad、および患者Pa～Pcの各々について区別しない場合は、それぞれ、病院H、消防署F、救急車A、および患者Pと表記する。

[0021] 図2は、救急車システムの模擬例1を示す説明図である。図2の模擬例1は、観測日時 $t_1 = 2020$ 年3月10日8時00分における内部状態111A(t_1)を示す。内部状態111A(t_1)は、病院Hの位置と、消防署Fの位置および待機中の救急車台数と、救急車Aの状態および位置と、患者Pの状態および位置と、を含む。病院Hの位置および消防署Fの位置は、変化しない情報であるため、あらかじめ設定されている。一方、消防署Fで待機中の救急車台数と、救急車Aの状態および位置と患者Pの状態および位置とは、変動する情報であり、状態観測データ132として取得される。

[0022] 図2～図4の模擬例1～3では、救急車システムのKPI（救急車KPI）は平均搬送時間である。ここで、観測日時 t_1 において患者Pcが発生したため、患者Pcから最も近くかつ待機中の救急車台数が「1」である消防

署 F c が患者 P c の病院への搬送要請を受け、救急車 A d が患者 P c に向かう。

[0023] 図 3 は、救急車システムの模擬例 2 を示す説明図である。図 3 の模擬例 2 は、観測日時 t 2 が、観測日時 t 1 から 10 分経過後の 2020 年 3 月 10 日 8 時 10 分である場合における内部状態 111A (t 2) を示す。内部状態 111A (t 2) は、観測日時 t 2 の状態観測データ 132 により、消防署 F c の救急車 A d が患者 P c に到着し、病院 H c に搬送を開始した状態を示す。観測日時 t 2 で救急車 A d が患者 P c に到着したため、シミュレータ 101 は、搬送先の病院を病院 H a ~ H d から決定する。たとえば、シミュレータ 101 は、強化学習により、行動価値関数の Q 値が最大となる病院 H c を搬送先病院に決定したとする。決定した搬送先病院 H c が救急車システムのアクション (救急車アクション) 112 となる。

[0024] また、救急車 A d が消防署 F c から出動したため、消防署 F c の救急車台数は「1」から「0」に更新されている。また、救急車 A d は患者 P c の搬送を開始したため、救急車 A d の状態は、観測日時 t 2 で「患者搬送中」に更新され、位置が患者 P c と同じ位置 (x 8, y 8) に更新される。また、患者 P c は救急車 A d に搬送されるため、患者 P c の状態は、観測日時 t 2 で「待機中」から「搬送中」に更新される。

[0025] 図 4 は、救急車システムの模擬例 3 を示す説明図である。図 4 の模擬例 3 は、観測日時 t 3 が、観測日時 t 2 から 5 分経過後の 2020 年 3 月 10 日 8 時 15 分である場合における内部状態 111A (t 3) を示す。内部状態 111A (t 3) は、観測日時 t 3 の状態観測データ 132 により、位置 (x 8, y 8) で患者 P c を載せた救急車 A d が搬送先病院 H c に搬送して到着した状態を示す。

[0026] また、救急車 A d が搬送先病院 H c に到着したため、救急車 A d の状態は、観測日時 t 3 で「患者搬送中」から「患者搬送完了」に更新され、位置が搬送先病院 H c と同じ位置 (x 6, y 6) に更新される。また、患者 P c も搬送先病院 H c に到着したため、患者 P c の状態は、観測日時 t 3 で「搬送

中」から「搬送完了」に更新され、位置が搬送先病院H cと同じ位置（x 6， y 6）に更新される。

[0027] シミュレータ101は、救急車A dが消防署F cを出動した日時t 1から搬送先病院H cに到着した日時t 3までの時間を搬送時間として、救急車K P Iである平均搬送時間を再計算し、17.0 [分]から16.5 [分]に更新する。

[0028] 図5は、図2～図4の模擬例1～3におけるシミュレータ101の内部状態111Aの一例を示す説明図である。図6は、図2～図4の模擬例1～3におけるシミュレータ101のアクション112Aの一例を示す説明図である。図7は、図2～図4の模擬例1～3におけるシミュレータ101のK P I計算結果150Aの一例を示す説明図である。

[0029] <病院システムの模擬例>

つぎに、個別システム100が病院システムである場合のシミュレータ101による模擬例について、図8～図11を用いて時系列で説明する。

[0030] 図8は、病院システムの模擬例1を示す説明図である。図8の模擬例1は、観測日時t 1＝2020年3月10日8時00分における内部状態111B（t 1）を示す。内部状態111B（t 1）は、病院Hの患者受入可能数およびI C U使用可能数を含む。病院Hの患者受入可能数およびI C U使用可能数は変動する情報であり、状態観測データ132として取得される。図8～図11の模擬例1～4では、病院システムのK P Iは平均処置時間である。観測日時t 1では、平均処置時間は、25.0 [分]である。

[0031] 図9は、病院システムの模擬例2を示す説明図である。図9の模擬例2は、観測日時t 2が、観測日時t 1から10分経過後の2020年3月10日8時10分である場合における内部状態111B（t 2）を示す。内部状態111B（t 2）は、病院Hの患者受入可能数およびI C U使用可能数と、救急車Aの状態および位置と、患者Pの症状レベル、状態および位置と、を含む。救急車Aの状態および位置と患者Pの症状レベル、状態および位置とは、変動する情報であり、状態観測データ132として取得される。

- [0032] ここで、観測日時 t_2 において患者 P_c と患者 P_c を病院 H_c へ搬送する救急車 A_d が位置 (x_8, y_8) で発生したため、病院 H_c の患者受入可能数は「1」から「0」に更新される。しかしながら、搬送先の病院 H_c の ICU 使用可能数が「0」であるため、シミュレータ 101 は、患者 P_c についての病院システムのアクション（病院アクション）112 を、「ICU 割り当て＝無」に決定する。
- [0033] 図 10 は、病院システムの模擬例 3 を示す説明図である。図 10 の模擬例 3 は、観測日時 t_3 が、観測日時 t_2 から 5 分経過後の 2020 年 3 月 10 日 8 時 15 分である場合における内部状態 111B (t_3) を示す。内部状態 111B (t_3) は、観測日時 t_3 の状態観測データ 132 により、位置 (x_8, y_8) で患者 P_c を載せた救急車 A_d が搬送先病院 H_c に搬送して到着し、処置が開始された状態を示す。
- [0034] また、救急車 A_d が搬送先病院 H_c に到着したため、救急車 A_d の状態は、観測日時 t_3 で「患者搬送中」から「患者搬送完了」に更新され、位置が (x_6, y_6) に更新される。また、患者 P_c も搬送先病院 H_c に到着したため、患者 P_c の状態は、観測日時 t_3 で「搬送中」から「処置中」に更新され、位置が搬送先病院 H_c と同じ位置 (x_6, y_6) に更新される。
- [0035] 図 11 は、病院システムの模擬例 4 を示す説明図である。図 11 の模擬例 4 は、観測日時 t_4 が、観測日時 t_3 から 30 分経過後の 2020 年 3 月 10 日 8 時 45 分である場合における内部状態 111B (t_4) を示す。内部状態 111B (t_4) は、観測日時 t_4 の状態観測データ 132 により、搬送先病院 H_c で患者 P_c の処置が終了した状態を示す。
- [0036] また、患者 P_c の処置が終了したため、患者 P_c の状態は「処置中」から「処置終了」に更新され、病院 H_c の患者受入可能数は「0」から「1」に更新される。
- [0037] シミュレータ 101 は、搬送先病院 H_c で患者 P_c の処置が開始された観測日時 t_3 から処置が終了した観測日時 t_4 までの時間を処置時間として、病院 KPI である平均処置時間を再計算し、25.0 [分] から 26.0 [

分]に更新する。

[0038] 図12は、図8～図11の模擬例1～4におけるシミュレータ101の内部状態111Bの一例を示す説明図である。図13は、図8～図11の模擬例1～4におけるシミュレータ101のアクション112Bの一例を示す説明図である。図14は、図8～図11の模擬例1～4におけるシミュレータ101のKPI計算結果150Bの一例を示す説明図である。

[0039] <連携装置の構成例>

図1～図14に示した個別システム100単独では、状態観測データ132の範囲が限られ、KPIの改善に限界がある。たとえば、救急車システムでは、病院Hの患者受入可能数やICU使用可能数、患者Pの症状レベルといった病院システムで用いる状態観測データ132は用いられないため、救急車システムは、ICUを使用できない病院Hcを最適な搬送先として患者Pcを搬送するよう模擬してしまう。

[0040] 同様に、病院システムでは、消防署Fの位置および救急車台数や、患者Pを載せるまでの救急車Aの状態といった救急車システムで用いる状態観測データ132は用いられないため、病院システムは、患者Pの搬送先を決定できないため、ICU使用可能数が「0」の病院Hcで症状レベルが「重」の患者Pを処置するよう模擬してしまう。そこで、実施例1にかかる連携装置は、複数の個別システム100を連携し、複数の個別システム100が連携して統合システムを生成し、統合システムのKPIの向上を図る。

[0041] 図15は、実施例1にかかる連携システムの構成例を示すブロック図である。連携システム1500は、連携装置1501と、複数の個別システム100からなる個別システム群100sと、により構成される。連携装置1501は個別システム群100sを管理する。

[0042] 個別システム群100sは、たとえば、救急車システム100A、病院システム100B、…のような個別システム100の集合である。なお、符号の末尾がAである要素は、救急車システム100Aに関する要素であり、符号の末尾がBである要素は、病院システム100Bに関する要素である。た

例えば、実環境１３０Ａは、救急車システム１００Ａに関する実環境１３０、すなわち、消防署であり、ＫＰＩ計算結果１５０Ａは、救急車システム１００Ａから出力されたＫＰＩ計算結果である。

- [0043] 連携装置１５０１は、選択部１５０２と、事前評価部１５０３と、判定部１５０７と、出力部１５０８と、を有する。選択部１５０２は、２以上の個別システム１００の組み合わせを連携対象として選択し、選択結果を事前評価部１５０３に渡す。選択部１５０２による選択方法は、ランダムでもよく、外部からの２以上の個別システム１００の組み合わせの選択でもよい。
- [0044] 事前評価部１５０３は、選択部１５０２によって選択された連携対象を連携した場合の事前評価を実行する。ここでは、連携対象として救急車システム１００Ａと病院システム１００Ｂとが選択されたものとする。事前評価部１５０３は、連携対象の各個別システム１００のシミュレータ１０１Ａ、１０１Ｂと、状態共有部１５０４と、アクション統合部１５０５と、統合アクション最適化部１５０６と、を有する。
- [0045] 事前評価部１５０３は、選択部１５０２によって連携対象として選択された個別システム１００のシミュレータ１０１Ａ、１０１Ｂを連携して実行する。事前評価部１５０３内のシミュレータ１０１Ａ、１０１Ｂは、たとえば、連携装置１５０１内で物理マシンとして実現してもよく、仮想マシンとして実現してもよい。
- [0046] 状態共有部１５０４は、シミュレータ１０１Ａ、１０１Ｂ内の内部状態１１１Ａ、１１１Ｂを共有させ、共有内部状態１５２０を生成する。共有内部状態１５２０の詳細は、図２２で後述する。アクション統合部１５０５は、シミュレータ１０１Ａ、１０１Ｂ内のアクション１１２Ａ、１１２Ｂを統合し、統合アクション１５３０を生成する。統合アクション１５３０の詳細は、図２３で後述する。
- [0047] 統合アクション最適化部１５０６は、統合ＫＰＩリスト１５１０を参照して、連携した複数の個別システム１００（救急車システム１００Ａ、病院システム１００Ｂ）について各種ＫＰＩを計算し、連携後ＫＰＩ計算結果１５

40A, 1540B、連携前統合KPI計算結果1541、連携後統合KPI計算結果1542として出力する。統合アクション最適化部1506は、シミュレータ101A, 101Bの採り得るアクション112A, 112Bのうち、連携後統合KPI計算結果1542を最大にするような、ある観測日時における内部状態111に対する最適アクション160A, 160Bを決定する。

[0048] 連携前統合KPI計算結果1541、連携後統合KPI計算結果1542, 連携後KPI計算結果1540A, 1540Bの詳細は、図24～図27で後述する。統合KPIリスト1510の詳細は、図28で後述する。共有内部状態1520および統合アクション1530を用いた統合アクション最適化部1506による最適化（たとえば、強化学習）は、図18～図21で後述する。

[0049] 判定部1507は、連携後KPI計算結果1540A, 1540B、連携前統合KPI計算結果1541、連携後統合KPI計算結果1542を入力し、システム連携比較観点1550に基づいて、救急車システム100Aおよび病院システム100Bの連携後の統合システムが良好か否かを判定し、判断結果を出力する。システム連携比較観点1550の詳細は、図29で後述する。

[0050] 出力部1508は、連携対象ごとの判定結果から最適な連携対象（たとえば、救急車システム100Aと病院システム100Bとの組み合わせ）を連携プランとして出力する。具体的には、たとえば、出力部1508は、連携プランをディスプレイに表示したり、他のコンピュータに送信したりする。

[0051] 図16は、連携システム1500のシステム構成例を示す説明図である。連携システム1500は、LAN (Local Area Network)、WAN (Wide Area Network)、インターネットなどのネットワーク1600を介して、連携装置1501と個別システム群100sとが通信可能に接続される構成である。

[0052] <コンピュータのハードウェア構成例>

図17は、コンピュータ（連携装置1501および個別システム100）のハードウェア構成例を示すブロック図である。コンピュータ1700は、プロセッサ1701と、記憶デバイス1702と、入力デバイス1703と、出力デバイス1704と、通信インタフェース（通信IF）1705と、を有する。プロセッサ1701、記憶デバイス1702、入力デバイス1703、出力デバイス1704、および通信IF1705は、バス1706により接続される。プロセッサ1701は、コンピュータ1700を制御する。記憶デバイス1702は、プロセッサ1701の作業エリアとなる。また、記憶デバイス1702は、各種プログラムやデータを記憶する非一時的なまたは一時的な記録媒体である。記憶デバイス1702としては、たとえば、ROM（Read Only Memory）、RAM（Random Access Memory）、HDD（Hard Disk Drive）、フラッシュメモリがある。入力デバイス1703は、データを入力する。入力デバイス1703としては、たとえば、キーボード、マウス、タッチパネル、テンキー、スキャナがある。出力デバイス1704は、データを出力する。出力デバイス1704としては、たとえば、ディスプレイ、プリンタ、スピーカがある。通信IF1705は、ネットワークと接続し、データを送受信する。

[0053] 上述した選択部1502、事前評価部1503、判定部1507、および出力部1508は、具体的には、たとえば、記憶デバイス1702に記憶されたプログラムをプロセッサ1701に実行させることにより実現される。

[0054] <事前評価部1503による事前評価例>

つぎに、事前評価部1503による救急車システム100Aおよび病院システム100Bを連携した事前評価例について、図18～図21を用いて時系列で説明する。

[0055] 図18は、事前評価部1503による事前評価例1を示す説明図である。図18の事前評価例1は、観測日時 $t_1 = 2020$ 年3月10日8時00分における共有内部状態1520（ t_1 ）を示す。共有内部状態1520（ t

1) は、観測日時 t_1 における内部状態 $111A(t_1)$ および内部状態 $111B(t_1)$ を共有した情報である。救急車システム $100A$ および病院システム $100B$ を連携した事前評価で得られる統合 KPI は、たとえば、救急車 KPI と病院 KPI との和である。統合 KPI の計算式は、統合 KPI リスト 1510 により決定される。ここで、観測日時 t_1 において患者 Pc が発生したため、患者 Pc から最も近くかつ待機中の救急車台数が「1」である消防署 Fc が患者 Pc の病院への搬送要請を受け、救急車 Ad が患者 Pc に向かう。

[0056] 図 19 は、事前評価部 1503 による事前評価例 2 を示す説明図である。図 19 の事前評価例 2 は、観測日時 t_2 が、観測日時 t_1 から 10 分経過後の 2020 年 3 月 10 日 8 時 10 分である場合における共有内部状態 $1520(t_2)$ を示す。観測日時 t_2 では、救急車システム $100A$ のシミュレータ $101A$ は、共有内部状態 $1520(t_2)$ を参照して、統合 KPI (= 平均搬送時間 + 平均処置時間) を最小にする観点で、搬送先の病院 H を病院 $Ha \sim Hd$ から決定し、病院システム $100B$ のシミュレータ $101B$ は、統合 KPI (= 平均搬送時間 + 平均処置時間) を最小にする観点で、ICU 割り当てを決定する。

[0057] たとえば、救急車システム $100A$ のシミュレータ $101A$ は、強化学習により、統合 KPI (= 平均搬送時間 + 平均処置時間) を最小にする観点で、行動価値関数の Q 値が最大となる病院 Hd を搬送先病院に決定する。決定した搬送先病院 Hd が救急車システム $100A$ のアクション (救急車アクション) $112A$ となる。すなわち、救急車 KPI (平均搬送時間) のみを考慮する場合、患者 Pc から最も距離が近い病院 Hc が搬送先病院に決定されるが、病院 KPI (平均処置時間) も考慮しなければならないため、患者受入可能数が「1」以上で、かつ、ICU 使用可能数が「1」以上である病院のうち、患者 Pc から最も距離が近い病院 Hd が搬送先病院に決定される。

[0058] また、救急車 Ad が消防署 Fc から出動したため、消防署 Fc の救急車台数は「1」から「0」に更新されている。また、救急車 Ad は患者 Pc の搬

送を開始したため、救急車A dの状態は、観測日時 t 2で「患者搬送中」に更新され、位置が患者P cと同じ位置 (x 8, x 8) に更新される。また、患者P cは救急車A dに搬送されるため、患者P cの状態は、観測日時 t 2で「待機中」から「搬送中」に更新される。

[0059] また、救急車システム1 0 0 Aのシミュレータ1 0 1 Aにより搬送先病院H が病院H dに決定されたため、病院システム1 0 0 Bのシミュレータ1 0 1 は、病院H dのI C U使用可能数を参照して、患者P cについての病院システム1 0 0 Bのアクション（病院アクション）1 1 2 Bを、「I C U割り当て=有」に決定する。したがって、観測日時 t 2において、病院H dの患者受入可能数は「2」から「1」に更新され、病院H dのI C U使用可能数は「1」から「0」に更新される。

[0060] 図2 0は、事前評価部1 5 0 3による事前評価例3を示す説明図である。図2 0の事前評価例3は、観測日時 t 5が、観測日時 t 2から1 0分経過後の2 0 2 0年3月1 0日8時2 0分である場合における共有内部状態1 5 2 0 (t 5)を示す。共有内部状態1 5 2 0 (t 5)は、観測日時 t 5の状態観測データ1 3 2により、位置 (x 8, y 8) で患者P cを載せた救急車A dが搬送先病院H dに搬送して到着した状態を示す。

[0061] また、救急車A dが搬送先病院H dに到着したため、救急車A dの状態は、観測日時 t 5で「患者搬送中」から「患者搬送完了」に更新され、位置が搬送先病院H dと同じ位置 (x 1 0, x 1 0) に更新される。また、患者P cも搬送先病院H dに到着したため、患者P cの状態は、観測日時 t 5で「搬送中」から「搬送完了」に更新され、位置が搬送先病院H dと同じ位置 (x 1 0, x 1 0) に更新される。

[0062] 救急車システム1 0 0 Aのシミュレータ1 0 1 Aは、救急車A dが消防署F cを出動した日時 t 1から搬送先病院H dに到着した日時 t 5までの時間を搬送時間として、救急車K P Iである平均搬送時間を再計算し、1 7. 0 [分] から1 8. 0 [分] に更新する。

[0063] 図2 1は、事前評価部1 5 0 3による事前評価例4を示す説明図である。

図 2 1 の事前評価例 4 は、観測日時 t 6 が、観測日時 t 5 から 1 8 分経過後の 2 0 2 0 年 3 月 1 0 日 8 時 3 8 分である場合における共有内部状態 1 5 2 0 (t 6) を示す。共有内部状態 1 5 2 0 (t 6) は、観測日時 t 5 の状態観測データ 1 3 2 により、搬送先病院 H d で患者 P c の処置が終了した状態を示す。

[0064] また、患者 P c の処置が終了したため、患者 P c の状態は「処置中」から「処置終了」に更新され、病院 H d の患者受入可能数は「1」から「2」に更新され、病院 H d の I C U 使用可能数は「0」から「1」に更新される。

[0065] 病院システム 1 0 0 B のシミュレータ 1 0 1 B は、搬送先病院 H d で患者 P c の処置が開始された観測日時 t 5 から処置が終了した観測日時 t 6 までの時間を処置時間として、病院 K P I である平均処置時間を再計算し、2 5 . 0 [分] から 2 2 . 0 [分] に更新する。

[0066] 図 2 2 は、図 1 8 ~ 図 2 1 の事前評価例 1 ~ 3 におけるシミュレータ 1 0 1 A , 1 0 1 B の共有内部状態 1 5 2 0 の一例を示す説明図である。共有内部状態 1 5 2 0 は、内部状態 1 1 1 A , 1 1 1 B が合成されたデータである。

[0067] 図 2 3 は、図 1 8 ~ 図 2 1 の事前評価例 1 ~ 3 におけるシミュレータ 1 0 1 A , 1 0 1 B の統合アクション 1 5 3 0 の一例を示す説明図である。統合アクション 1 5 3 0 は、アクション 1 1 2 A , 1 1 2 B が合成されたデータである。

[0068] 図 2 4 は、図 1 8 ~ 図 2 1 の事前評価例 1 ~ 3 におけるシミュレータ 1 0 1 A , 1 0 1 B の連携前統合 K P I 計算結果 1 5 4 1 の一例を示す説明図である。連携前統合 K P I 計算結果 1 5 4 1 は、救急車システム 1 0 0 A および病院システム 1 0 0 B の連携前における救急車システム 1 0 0 A の平均搬送時間（救急車 K P I ）と病院システム 1 0 0 B の平均処置時間（病院 K P I ）との和である。

[0069] 図 2 5 は、図 1 8 ~ 図 2 1 の事前評価例 1 ~ 3 におけるシミュレータ 1 0 1 A , 1 0 1 B の連携後統合 K P I 計算結果 1 5 4 2 の一例を示す説明図で

ある。連携後統合KPI計算結果1542は、救急車システム100Aおよび病院システム100Bの連携後における救急車システム100Aの平均搬送時間（救急車KPI）と病院システム100Bの平均処置時間（病院KPI）との和である。

[0070] 図26は、図18～図21の事前評価例1～3における救急車システム100Aのシミュレータ101Aの連携後KPI計算結果1540Aの一例を示す説明図である。図27は、図18～図21の事前評価例1～3における病院システム100Bのシミュレータ101Bの連携後KPI計算結果1540Bの一例を示す説明図である。連携後KPI計算結果1540Aと連携後KPI計算結果1540Bとの和が、連携後統合KPI計算結果1542になる。

[0071] 図28は、統合KPIリスト1510の一例を示す説明図である。統合KPIリスト1510は、項番2801ごとに、個別システム100の組み合わせ2802と、統合KPI計算式2803と、を有する。項番2801は、個別システム100の組み合わせ2802および統合KPI計算式2803を区別するための番号である。

[0072] 個別システム100の組み合わせ2802は、連携対象となる複数の個別システム100を規定する。統合KPI計算式2803は、個別システム100の組み合わせ2802の各々の個別システム100から出力されるKPIを用い統合KPIを算出するための計算式である。たとえば、項番2801の値が「1」のエントリでは、個別システム100の組み合わせ2802は、A、Bであり、統合KPI計算式2803は、 $A+B$ である。

[0073] すなわち、 $A+B$ は、救急車システム100Aからの救急車KPIと病院システム100Bからの病院KPIとの加算を意味する。事前評価部1503は、統合KPIを算出する場合、連携した個別システム100の組み合わせ2802に対応する統合KPI計算式2803を適用して、統合KPI（連携前統合KPI計算結果1541、連携後統合KPI計算結果1542）を算出する。

[0074] 図29は、システム連携比較観点1550の一例を示す説明図である。システム連携比較観点1550は、判定部1507による判定処理の一例を示す。(1)は、kpi__b'がkpi__bよりも悪ければNG(連携後の統合システムが良好でない)であると判定する判定条件である。(2)は、kpi__superior'がkpi__superiorよりも良く、かつ、kpi__b'がkpi__bよりも良ければ、OK(救急車システム100Aと病院システム100Bとを連携した統合システムは良好)であると判定する判定条件である。

[0075] (3)は、上記(1)、(2)のいずれにも該当しなければ、NG(救急車システム100Aと病院システム100Bとを連携した統合システムは良好でない)であると判定する判定条件である。なお、(1)~(3)の判定条件は一例であり、異なる判定条件でもよい。また、個別システム100の組み合わせ2802ごとにシステム連携比較観点1550が設定されていてもよい。

[0076] 図30は、判定部1507による判定処理例を示す説明図である。ここで、kpi__aを、KPI計算結果150Aの値である平均搬送時間16.5分とする。kpi__a'を、連携後KPI計算結果1540Aの値である平均搬送時間18.0分とする。kpi__bを、KPI計算結果150Bの値である平均搬送時間26.0分とする。kpi__b'を、連携後KPI計算結果1540Bの値である平均搬送時間22.0分とする。kpi__superiorを、連携前統合KPI計算結果1541の値(平均搬送時間+平均処置時間)42.5分とする。kpi__superior'を、連携後統合KPI計算結果1501542の値(平均搬送時間+平均処置時間)40.0分とする。

[0077] kpi__bが平均搬送時間26.0分、kpi__b'が平均搬送時間22.0分であるため、判定条件(1)を充足しない。一方、kpi__superior'が40.0分、kpi__superiorが42.5分であるため、判定条件(2)を充足する。したがって、判定部1507は、救急車シ

ステム１００Ａと病院システム１００Ｂとを連携した統合システムは良好であると判定する。

[0078] <連携処理手順例>

図３１は、実施例１にかかる連携装置１５０１による複数の個別システム１００の連携処理手順例を示すフローチャートである。連携装置１５０１は、選択部１５０２により複数の個別システム（たとえば、救急車システム１００Ａおよび病院システム１００Ｂ）を選択し（ステップＳ３１０１）、選択した個別システム１００Ａ、１００Ｂに入力する状態観測データ１３２Ａ、１３２Ｂを取得する（ステップＳ３１０２）。

[0079] つぎに、連携装置１５０１は、各シミュレータ１０１Ａ、１０１Ｂにより各個別システム１００Ａ、１００Ｂを模擬し、状態共有部１５０４により共有内部状態１５２０を生成する（ステップＳ３１０３）。

[0080] そして、連携装置１５０１は、統合アクション最適化部１５０６により、し、アクション統合部１５０５により各個別システム１００Ａ、１００Ｂが採り得るアクション１１２Ａ、１１２Ｂを統合して統合アクション１５３０を生成し、最適化する（ステップＳ３１０４）。具体的には、たとえば、連携装置１５０１は、統合ＫＰＩリスト１５１０を参照して、連携した複数の個別システム１００Ａ、１００Ｂについて各種ＫＰＩを計算し、連携後ＫＰＩ計算結果１５４０Ａ、１５４０Ｂ、連携前統合ＫＰＩ計算結果１５４１、連携後統合ＫＰＩ計算結果１５４２として出力する。統合アクション最適化部１５０６は、シミュレータ１０１Ａ、１０１Ｂの採り得るアクション１１２Ａ、１１２Ｂのうち、連携後統合ＫＰＩ計算結果１５４２を最大にするような、ある観測日時における内部状態１１１に対する最適アクション１６０Ａ、１６０Ｂを決定する。

[0081] このあと、連携装置１５０１は、連携後ＫＰＩ計算結果１５４０Ａ、１５４０Ｂ、連携前統合ＫＰＩ計算結果１５４１、連携後統合ＫＰＩ計算結果１５４２を用いて、複数の個別システム１００Ａ、１００Ｂを連携すべきか否かを判定し（ステップＳ３１０５）、判定結果を出力する（ステップＳ３１

06)。

[0082] <連携後の統合システムによる運用例>

図32は、連携後の統合システムによる運用例を示すブロック図である。判定部1507において連携すべきと判定された場合、救急車システム100Aと病院システム100Bとを連携した統合システム3200が生成される。連携後の統合システム3200が、図18～図21に示したように、救急車システム100Aおよび病院システム100Bを運用する。

[0083] 統合システム3200は、シミュレータ101A、101Bと、状態共有部1504と、アクション統合部1505と、統合アクション最適化部1506と、を有する。統合システム3200は、実環境130A、130Bにおいて状態観測131A、131Bがなされた状態観測データ132A、132B（または予測データ133A、133B）を、シミュレータ101A、101Bにそれぞれ入力して、図31のステップS3103、S3104を実行する。これにより、統合システム3200は、救急車システム100Aの連携後KPI計算結果1540Aと、病院システム100Bの連携後KPI計算結果1540Bと、連携後統合KPI計算結果1542と、救急車システム100Aの最適アクション160Aと、病院システム100Bの最適アクション160Bと、を出力する。

[0084] 救急車システム100Aの最適アクション160Aおよび病院システム100Bの最適アクション160Bは、それぞれ実環境130A、130Bで使用される。そして、統合システム3200は、実環境130A、130Bにおいて状態観測131A、131Bがなされた状態観測データ132A、132Bを統合システム3200に再度入力して処理を継続する。これにより、連携後は、統合システム3200で運用がなされ、統合システム3200内の連携しあう複数のシミュレータ101の相互作用が自動化される。

[0085] このように、実施例1によれば、複数の個別システム100を連携することにより、個別システム100単独の救急車KPIおよび病院KPIから得られる連携前統合KPI計算結果1541よりも改善した連携後統合KPI

計算結果 1 5 4 2 を得ることができる。したがって、個々の個別システム 1 0 0 では実現できなかった K P I の改善を図ることができる。

実施例 2

[0086] 実施例 2 は、実施例 1 において、統合システム 3 2 0 0 を自動生成することにより、統合システム 3 2 0 0 内の連携しあう複数のシミュレータ 1 0 1 の相互作用を自動化する例である。ここでは、実施例 2 を中心に説明するため、実施例 1 と重複する内容については説明を省略する。

[0087] 図 3 2 に示した統合システム 3 2 0 0 は、個別システム 1 0 0 の連携後の挙動を模倣するため、個別システム 1 0 0 間の挙動の相互作用を再現する必要がある。個別システム 1 0 0 の組み合わせ 2 8 0 2 ごとに、個別システム 1 0 0 間の挙動の相互作用を別途人手で開発すると時間や人的労力がかかる。ここで、連携しあう個別システム 1 0 0（例として、救急車システム 1 0 0 A および病院システム 1 0 0 B）の各々の構成例を示す。

[0088] <救急車システム 1 0 0 A の構成例>

図 3 3 は、救急車システム 1 0 0 A の構成例を示すブロック図である。救急車システム 1 0 0 A は、救急車処理部 3 3 0 1 と、患者処理部 3 3 0 2 と、救急車リソース管理部 3 3 1 0 と、道路リソース管理部 3 3 2 0 と、を有する。救急車リソース管理部 3 3 1 0 は、救急車リソースを管理する。救急車システム 1 0 0 A が、救急車処理部 3 3 0 1 と救急車リソース管理部 3 3 1 0 と道路リソース管理部 3 3 2 0 とを有することで、救急車システム 1 0 0 A の開発コストの低減化を図ることができる。

[0089] ここで、救急車リソースとは、消防署 F ごとに何台の救急車 A が待機して何台の救急車 A が出動中であるか（消防署 F ごとの救急車 A の待機台数および出動台数）、救急車 A がどこにいるか（救急車 A の現在位置）、どの消防署 F に対し救急車 A の出動要請があったか（消防署 F ごとの出動要請の有無および出動要請元（患者 P）の位置）、各病院 H の位置を示す情報である。

[0090] 道路リソース管理部 3 3 2 0 は、道路リソースを管理する。道路リソースとは、道路を示すリンクと道路を接続するノードとにより構成された道路ネ

ットワークであり、経時的に変化するリンクごとの車両の混雑度を示すことが可能である。

[0091] 救急車処理部3301は、救急車リソース管理部3310を参照し、ある消防署Fに救急車Aの出動要請があった場合、救急車処理を開始する（ステップS3311）。このとき、道路リソース管理部3320は、最短時間で出動要請元に到達する経路を探索して、道路リソースとして救急車処理部3301に割り当てる。救急車処理部3301は、探索経路に従って救急車Aを出動要請元に移動させ（ステップS3312）、出動要請元に到達すると、救急車処理を終了して、道路リソースを解放する（ステップS3312）。

[0092] また、患者処理部3302は、状態観測データ132Aまたは予測データ133Aを受け付けると、患者処理を開始する（ステップS3321）。患者処理部3302は、状態観測データ132Aまたは予測データ133Aから患者Pの発生を検出し（ステップS3322）、状態観測データ132Aまたは予測データ133Aで指定された消防署F（患者Pから最短距離の消防署Fでもよい）に救急車Aを出動要請する（ステップS3323）。

[0093] 患者処理部3302は、出動要請元となる患者Pを待機させ（ステップS3324）、救急車処理部3301において救急車Aが出動要請元の患者Pの位置に到着すると（ステップS3313）、道路リソース管理部3320は、最短時間で出動要請元から病院Hに到達する経路を探索して、道路リソースとして患者処理部3302に割り当てる。

[0094] 患者処理部3302は、道路リソース管理部3320によって道路リソースとして割り当てられた経路に従って、搬送先となる病院Hに患者Pを搬送し（ステップS3325）、病院Hに到着すると（ステップS3326）、道路リソースおよび救急車リソースを解放して、患者処理を終了する（ステップS3327）。

[0095] <病院システム100Bの構成例>

図34は、病院システム100Bの構成例を示すブロック図である。病院

システム１００Ｂは、病院Ｈごとに存在し、病院処理部３４０１と、医者リソース管理部３４１０と、処置室リソース管理部３４２０と、を有する。病院システム１００Ｂは、病院処理部３４０１と医者リソース管理部３４１０と処置室リソース管理部３４２０とを有することで、病院システム１００Ｂの開発コストの低減化を図ることができる。

[0096] ここで、医者リソース管理部３４１０は、どの医者が何をしているかといった医者の勤怠を医者リソースとして管理する。処置室リソース管理部３４２０は、処理室（手術室およびＩＣＵ）の空き状況を処置室リソースとして管理する。

[0097] 病院処理部３４０１は、状態観測データ１３２Ｂまたは予測データ１３３Ｂを受け付けると、病院処理を開始する（ステップＳ３４１１）。そして、病院処理部３４０１は、症状レベルを含む状態観測データ１３２Ｂまたは予測データ１３３Ｂから患者Ｐの病院Ｈへの搬入を検出すると（ステップＳ３４１２）、医者リソース管理部３４１０に医者リソースを要求し、医者リソース管理部３４１０は、待機中の医者を医者リソースとして割り当てる。

[0098] 病院処理部３４０１は、割り当てた医者に患者Ｐを検査させ（ステップＳ３４１３）、検査結果（状態観測データ１３２Ｂまたは予測データ１３３Ｂであらかじめ設定されていてもよい。ここでは、例として、「脳梗塞」とする。）にしたがって処置室リソース管理部３４２０に処置室リソースを要求する。処置室リソース管理部３４２０は、検査結果および空き状況にしたがって手術室またはＩＣＵを処置室リソースとして割り当てる。病院処理部３４０１は、医者リソースおよび処置室リソースを用いて脳梗塞を処置し（ステップＳ３４１４）、処置が終了すると医者リソースおよび処置室リソースを解放して、病院処理を終了する（ステップＳ３４１５）。

[0099] ＜個別システム１００の接続例＞

救急車システム１００Ａと病院システム１００Ｂとの間の挙動の相互作用として、患者Ｐが救急車Ａで病院Ｈに搬送された後に、病院Ｈでの処置が開始するという一連の流れを例に挙げると、救急車システム１００Ａにおける

搬送先の病院Hへの患者搬送数と、病院システム100Bでの当該病院Hでの処置数は一致する。このため、救急車システム100Aと病院システム100Bとを同期させることにより、救急車システム100Aの病院処理の終了から病院システム100Bの病院処理の開始へ移行可能となる。

[0100] 図35は、統合システム3200における個別システム100の接続例1を示すブロック図である。図35では、救急車システム100Aと病院システム100Bとの接続例を示す。統合システム3200では、救急車システム100Aの患者処理部3302における病院到着（ステップS3326）と病院システム100Bの病院処理における病院搬入（ステップS3412）とが接続される。すなわち、病院搬入（ステップS3412）は、病院到着（ステップS3326）の移行先に設定される。これにより、救急車システム100Aにおいて病院Hに到着した患者Pが、そのまま病院システム100Bで処理されることになり、処理のタイミングや処理数量がお互いに影響することになる。

[0101] 図36は、統合システム3200における個別システム100の接続例2を示すブロック図である。この接続例2は、救急車システム100Aと病院システム100Bのほかに、道路管理システム100Cを連携した統合システム3200を示す。道路管理システム100Cは、道路を管理するシステムであり、具体的には、たとえば、道路処理部3601と、道路リソース管理部3610と、を有する。

[0102] 道路リソース管理部3610は、道路リソース管理部3320と同様、道路リソースを管理する。ここでは、道路リソース管理部3610が管理する道路リソースは、道路リソース管理部3320が管理する道路リソース（道路ネットワーク）を包含するものとする。道路処理部3601は、道路リソースを用いて道路管理を実行する。道路管理とは、車両の走行位置、走行速度、交通信号機の信号色などを管理して、道路ネットワークのリンクに混雑度を設定することで渋滞予測を実行したり、混雑度を用いて出発地点から目標地点までの経路を探索したりする。

- [0103] 図36の統合システム3200では、救急車システム100Aと道路管理システム100Cとが連携するため、道路リソース管理部3610、3320の道路リソースが同期する。すなわち、道路リソース管理部3610において、道路リソース管理部3610、3320で共通する道路リソースの範囲内のリンクの混雑度が更新されると、道路リソース管理部3320が管理する道路リソースにおいても、当該リンクの混雑度が同期して更新される。
- [0104] 図37は、接続指定情報管理テーブルの一例を示す説明図である。接続指定情報管理テーブル3700は、個別システム100のシミュレータ101の接続を指定する情報（接続指定情報）を管理するテーブルである。接続指定情報管理テーブル3700は、連携装置1501に記憶された情報であり、ユーザによって設定または変更可能である。接続指定情報管理テーブル3700は、フィールドとして、システム連携元3701と、接続対象処理3702と、リソース同期3703と、を有し、同一行の各フィールドの値の組み合わせが1つの接続指定情報を示すエントリとなる。
- [0105] システム連携元3701は、連携元となる複数の個別システム100を規定する。エントリ3711では、救急車システム100Aおよび病院システム100Bが規定され、エントリ3712では、救急車システム100A、病院システム100Bおよび道路管理システム100Cが設定されている。
- [0106] 接続対象処理3702は、システム連携元の個別システム100間で接続される移行元処理および移行先処理を規定する。エントリ3711、3712では、救急車システム100Aの患者処理部3302の病院到着（ステップS3326）が移行元処理として、病院システム100Bの病院処理部3401の病院搬入（ステップS3412）が移行先処理として、規定されている。
- [0107] リソース同期3703は、システム連携元の個別システム100間で同期するリソースを規定する。エントリ3711では、同期するリソースは存在しないため、リソース同期3703は空欄である。エントリ3712では、救急車システム100Aの道路リソース管理部3320が管理する道路リソ

ースと、道路管理システム１００Ｃの道路処理部３６０１が管理する道路リソースとが、同期するリソースとして規定されている。

[0108] エントリ３７１１は、図３５に示したように、救急車システム１００Ａと病院システム１００Ｂとを連携して統合システム３２００を生成する際に、連携装置１５０１が指定する接続指定情報である。これにより、図３５に示したように、救急車システム１００Ａの患者処理部３３０２の病院到着（ステップＳ３３２６）から病院システム１００Ｂの病院処理部３４０１の病院搬入（ステップＳ３４１２）に接続され、統合システム３２００が生成される。

[0109] エントリ３７１２は、図３６に示したように、救急車システム１００Ａと病院システム１００Ｂと道路管理システム１００Ｃとを連携して統合システム３２００を生成する際に、連携装置１５０１が指定する接続指定情報である。これにより、図３６に示したように、救急車システム１００Ａの患者処理部３３０２の病院到着（ステップＳ３３２６）から病院システム１００Ｂの病院処理部３４０１の病院搬入（ステップＳ３４１２）に移行するように接続され、救急車システム１００Ａの道路リソース管理部３３２０が管理する道路リソースと、道路管理システム１００Ｃの道路処理部３６０１が管理する道路リソースとが、同期して、統合システム３２００が生成される。

[0110] <連携処理手順例>

図３８は、実施例２にかかる連携装置１５０１による複数の個別システム１００の連携処理手順例を示すフローチャートである。図３１と重複する処理は省略する。連携装置１５０１は、連携後ＫＰＩ計算結果１５４０Ａ、１５４０Ｂ、連携前統合ＫＰＩ計算結果１５４１、連携後統合ＫＰＩ計算結果１５４２を用いて、複数の個別システム１００Ａ、１００Ｂを連携すべきか否かを判定する（ステップＳ３１０５）。

[0111] 連携すべきと判定された場合（ステップＳ３１０５：Ｙｅｓ）、連携装置１５０１は、接続指定情報管理テーブル３７００から接続指定情報（たとえば、エントリ３７１１または３７１２）を選択して、図３２の統合システム

3200を生成して（ステップS3800）、当該判定結果を出力する（ステップS3106）。一方、連携すべきでないと判定された場合（ステップS3105：No）、連携装置1501は、当該判定結果を出力する（ステップS3106）。なお、連携すべきと判定された場合（ステップS3105：Yes）、連携装置1501は、統合システム3200の生成（ステップS3800）に先立って、その判定結果を出力してもよい（ステップS3106）。この場合、ユーザは、判定結果を参照して、統合システム3200の生成（ステップS3800）を実行すべきか否かを決定してもよい。

[0112] このように、救急車システム100Aの病院到着（ステップS3326）と病院システム100Bの病院搬入（ステップS3412）との接続や、道路リソース管理部3320、3610間の道路リソースの同期により、救急車システム100Aと病院システム100Bとの相互作用を再現することができる。したがって、このようなインタフェースの設定により、連携による統合シミュレーション開発工数が低減する。

実施例 3

[0113] 実施例3は、個別システム100間連携を効率的に試行する例を示す。個別システム100の数が多くなると、連携する個別システム100の組み合わせ2802の数が膨大になり、連携装置1501は、実用的な計算時間で個別システム100間連携の効果を評価することができない。たとえば、高々10個の個別システム100から5個以下の個別システム100間連携を考える場合にでも、連携する個別システム100の組み合わせ2802の数Nは、下記式（1）の通り、膨大である。

[0114] [数1]

$$N = \sum_{i=2 \sim 5} {}_{10}C_i = 627 \cdots (1)$$

[0115] したがって、実施例3では、実施例1および実施例2において、複数の個別システム100を連携する前に、個別システム100の各々がKPI等を

経時的に監視し、監視結果に応じて連携装置 1501 に自身を含む個別システム 100 間連携を依頼する。

[0116] すなわち、たとえば、KPI が目標に到達しない個別システム 100 が連携依頼を連携装置 1501 に通知することで、連携装置 1501 は、当該個別システム 100 と他の個別システム 100 との連携を試行する。これにより、個別システム群 100s の全パターンの組み合わせの連携を試行する必要がなくなる。したがって、個別システム 100 間連携の効率化を図ることができ、実用的な時間での個別システム 100 間連携の評価を実現する。なお、ここでは、実施例 3 を中心に説明するため、実施例 1 および実施例 2 と重複する内容については説明を省略する。

[0117] <個別システム 100>

図 39 は、実施例 3 にかかる個別システム 100 の構成例を示すブロック図である。個別システム 100 は、連携依頼部 3900 を有する。連携依頼部 3900 は、具体的には、たとえば、記憶デバイス 1702 に記憶されたプログラムをプロセッサ 1701 に実行させることにより実現される。連携依頼部 3900 は、KPI 監視部 3901 と、状態誤差監視部 3902 と、を有する。

[0118] KPI 監視部 3901 は、KPI 計算結果 150 として出力される KPI の経時変化を監視する。状態誤差監視部 3902 は、個別システム 100 のシミュレータ 101 が生成された内部状態 111 と、実環境 130 から状態観測 131 を経由して収集した状態観測データ 132 と、を比較して、その誤差を監視する。連携依頼部 3900 は、KPI または状態誤差が、一定期間目標値に達していない場合、または大きく悪化している場合に、連携依頼を連携装置 1501 の選択部 1502 に送信する。

[0119] 図 40 は、KPI 監視部 3901 および状態誤差監視部 3902 による監視例 1 を示すグラフである。図 41 は、KPI 監視部 3901 および状態誤差監視部 3902 による監視例 2 を示すグラフである。監視値は、KPI または状態誤差の値である。状態誤差監視部 3902 は、たとえば、内部状態

1 1 1 の数値ベクトルと状態観測データ 1 3 2 の数値ベクトルとの間の距離や両数値ベクトル間の類似度を状態誤差として算出する。内部状態 1 1 1 と状態観測データ 1 3 2 が近しいほど、状態誤差は小さい。

[0120] 図 4 0 において、K P I 監視部 3 9 0 1 は、K P I が目標値を下回ると、アラートを発生させる。同様に、状態誤差監視部 3 9 0 2 は、状態誤差が目標値を下回ると、アラートを発生させる。

[0121] 図 4 1 において、監視値の過去の時系列変化の標準偏差の値を S D とすると、たとえば、監視値の過去の時系列変化の平均値 $\pm 2 S D$ を監視値の許容範囲とする。K P I 監視部 3 9 0 1 は、K P I が許容範囲外になると、アラートを発生させる。同様に、状態誤差監視部 3 9 0 2 は、状態誤差が許容範囲外になると、アラートを発生させる。

[0122] 連携依頼部 3 9 0 0 は、K P I 監視部 3 9 0 1 からアラートが発生した場合に、連携依頼を連携装置 1 5 0 1 の選択部 1 5 0 2 に送信してもよく、状態監視部からアラートが発生した場合に、連携依頼を連携装置 1 5 0 1 の選択部 1 5 0 2 に送信してもよく、K P I 監視部 3 9 0 1 および状態監視部からアラートが発生した場合に、連携依頼を連携装置 1 5 0 1 の選択部 1 5 0 2 に送信してもよい。連携依頼を送信する場合のアラート発生条件をいずれにするかは、あらかじめ設定される。

[0123] <連携対象の選択例>

図 4 2 は、実施例 3 にかかる選択部 1 5 0 2 による連携対象の選択例を示す説明図である。選択部 1 5 0 2 は、個別システム管理テーブル 4 2 0 0 を有し、連携依頼の発信元に関する O n e - h o t エンコードデータ 4 2 1 0 を生成する。個別システム管理テーブル 4 2 0 0 は、選択対象となる個別システム 1 0 0 を管理するテーブルである。個別システム管理テーブル 4 2 0 0 は、個別システム 1 0 0 ごとに、個別システム 1 0 0 が処理を実行する処理対象 4 2 0 1 と、個別システム 1 0 0 が管理するリソースの対象（リソース対象） 4 2 0 2 と、を管理する。

[0124] たとえば、個別システム 1 0 0 が救急車システム 1 0 0 A の場合、処理対

象４２０１は、救急車処理部３３０１の救急車と、患者処理部３３０２の患者であり、リソース対象４２０２は、救急車リソース管理部３３１０が管理する救急車リソースの対象となる救急車と、道路リソース管理部３３２０が管理する道路リソースの対象となる道路である。

[0125] 図４２では、救急車システム１００Ａが連携依頼の発信元とする。選択部１５０２は、連携依頼の発信元である救急車システム１００Ａに関するＯｎｅ－ｈｏｔエンコードデータ４２１０を生成する。Ｏｎｅ－ｈｏｔエンコードデータ４２１０は、個別システム１００ごとに、処理対象およびリソース対象は「１」、それ以外は「０」に符号化したＯｎｅ－ｈｏｔベクトルである。

[0126] 連携依頼の発信元である救急車システム１００Ａの場合、処理対象４２０１の「患者」および「救急車」には「１」が設定され、それ以外の処理対象４２０１には「０」が設定される。また、リソース対象４２０２の「救急車」および「道路」には「１」が設定され、それ以外のリソース対象４２０２には「０」が設定される。

[0127] 連携依頼の発信元以外の他の個別システム１００についても各々、処理対象４２０１には「１」が設定され、それ以外の処理対象４２０１には「０」が設定される。また、リソース対象４２０２には「１」が設定され、それ以外のリソース対象４２０２には「０」が設定される。

[0128] 選択部１５０２は、連携依頼の発信元と共通する処理対象４２０１またはリソース対象４２０２を１つでも有する他の個別システム１００を、連携依頼の発信元との連携候補として選択する。たとえば、Ｏｎｅ－ｈｏｔエンコードデータ４２１０において、処理対象４２０１の「患者」が「１」である個別システム１００は、救急車システム１００Ａと病院システム１００Ｂである。したがって、選択部１５０２は、救急車システム１００Ａとの連携候補として病院システム１００Ｂを選択する。

[0129] また、リソース対象４２０２の「道路」が「１」である個別システム１００は、救急車システム１００Ａと道路管理システム１００Ｃである。したが

って、選択部1502は、救急車システム100Aとの連携候補として道路管理システム100Cを選択する。地下鉄システムおよび物流配送システムは、処理対象4201の「患者」、「救急車」、およびリソース対象4202の「道路」のいずれも「0」であるため、選択部1502は、救急車システム100Aとの連携候補として地下鉄システムおよび物流配送システムを選択しない。

[0130] また、選択部1502は、One-hotエンコードデータ4210において、連携依頼の発信元の個別システム100（救急車システム100A）のOne-hotベクトルと、他の個別システム100のOne-hotベクトルと、の距離を算出し、算出した距離がしきい値以下であれば、当該他の個別システム100を連携候補として選択してもよい。また、選択部1502は、算出した距離が短い順に所定数の他の個別システム100を選択してもよい。

[0131] このように、実施例3によれば、個別システム100のすべての組み合わせの連携を試行することなく、個別システム100間連携候補を絞り込むことで、連携装置1501は、実用的な時間での個別システム100間連携の評価を実現することができる。また、One-hotエンコードデータ4210は、処理対象4201のOne-hotベクトルとリソース対象4202のOne-hotベクトルとを含むが、少なくともいずれか一方のOne-hotベクトルを含んでいればよい。

[0132] また、One-hotエンコードデータ4210の生成後に、既存の個別システム100が修正または削除されたり、新たな個別システム100が追加されたりする場合がある。したがって、選択部1502は、個別システム100からの連携依頼にかかわらず、個別システム100の修正、削除、追加や前回の選択から所定時間の経過を契機として、One-hotエンコードデータ4210を再生成し、個別システム100ごとに、連携相手となる個別システム100を選択してもよい。

[0133] たとえば、救急車システム100Aが修正された場合、選択部1502は

、修正後の救急車システム１００Ａとともに、当該修正前に連携していた病院システム１００Ｂや道路管理システム１００Ｃを選択し、統合システム３２００を再生成する。

[0134] また、病院システム１００Ｂが削除された場合、選択部１５０２は、当該削除前に病院システム１００Ｂと連携していた救急車システム１００Ａや、救急車システム１００と連携していた道路管理システム１００Ｃを選択し、統合システム３２００を再生成する。

[0135] また、道路管理システム１００Ｃが個別システム群１００ｓに追加された場合、選択部１５０２は、道路管理システム１００Ｃを選択するとともに、道路管理システム１００Ｃの連携候補として個別システム群１００ｓ内の各個別システム１００を選択し、統合システム３２００を生成する。

[0136] これにより、連携装置１５０１は、最新の状態の個別システム１００で、個別システム１００間連携を試行することができ、統合システム３２００の信頼性の向上を図ることができる。

[0137] 以上説明したように、上述した実施例１～実施例３にかかる連携装置１５０１によれば、複数の個別システム１００を連携することにより、個別システム１００単独では改善できなかったＫＰＩの改善し、連携した複数の個別システム１００の全体最適化を図ることができる。

[0138] また、上述した実施例１～実施例３にかかる連携装置１５０１は、下記（１）～（１３）のように構成することもできる。

[0139] （１）連携装置１５０１は、プログラムを実行するプロセッサ１７０１と、プログラムを記憶する記憶デバイス１７０２と、を有する。プロセッサ１７０１は、各々実環境１３０の挙動を模擬して実環境１３０に関する指標値（ＫＰＩ計算結果１５０）を出力する個別システム群１００ｓから複数の個別システム１００Ａ、１００Ｂを選択する選択処理（ステップＳ３１０１）と、選択処理（ステップＳ３１０１）によって選択された複数の個別システム１００Ａ、１００Ｂの各々が模擬した挙動によって得られる実環境１３０Ａ、１３０Ｂに関する内部状態１１１Ａ、１１１Ｂの各々を共有して共有内部

状態1520を生成し（ステップS3103）、共有内部状態1520に基づいて、複数の個別システム100A、100Bが連携した場合における複数の個別システム100A、100Bの各々からの連携後指標値（連携後KPI計算結果1540A、1540B）を統合した連携後統合指標値（連携後統合KPI計算結果1542）を最適化するような、複数の個別システム100A、100Bが連携した場合の個別システム100A、100Bの各々が採り得べきアクション（最適アクション160A、160B）を決定する決定処理（ステップS3104）と、連携後指標値（連携後KPI計算結果1540A、1540B）と、複数の個別システム100A、100Bが連携しなかった場合における複数の個別システム100A、100Bの各々からの指標値（連携前KPI計算結果1541A、1541B）と、に基づいて、複数の個別システム100A、100Bを連携すべきか否かを判定する判定処理（ステップS3105）と、判定処理（ステップS3105）による判定結果を出力する出力処理（ステップS3106）と、を実行する。

[0140] （2）上記（1）の連携装置1501において、判定処理（ステップS3105）では、プロセッサ1701は、連携後統合指標値（連携後統合KPI計算結果1542）と、複数の個別システム100A、100Bの各々からの指標値（連携前KPI計算結果1541A、1541B）を統合した連携前統合指標値（連携前統合KPI計算結果1541）と、に基づいて、複数の個別システム100A、100Bを連携すべきか否かを判定する。

[0141] （3）上記（1）の連携装置1501において、プロセッサ1701は、判定処理（ステップS3105）によって連携すべきと判定された場合（ステップS3105：Yes）、複数の個別システム100A、100Bのうち第1個別システム100Aが実行する第1処理群（S3321～S3327）の中の第1処理（S3326）から、複数の個別システム100A、100Bのうち第2個別システム100Bが実行する第2処理群（S3411～S3415）の中の第2処理（S3412）に、移行するように、複数の個別システム100A、100Bを統合した統合システム3200を生成する

生成処理（ステップS 3 1 0 6）を実行する。

- [0142] （４）上記（３）の連携装置１５０１において、生成処理（ステップS 3 1 0 6）では、プロセッサ１７０１は、第１個別システム１００Ａの第１処理（S 3 3 2 6）を移行元処理、第２個別システム１００Ｂの第２処理（S 3 4 1 2）を第１処理（S 3 3 2 6）の移行先処理とする情報（エントリ３７１１）に基づいて、統合システム３２００を生成する（ステップS 3 1 0 6）。
- [0143] （５）上記（１）の連携装置１５０１において、プロセッサ１７０１は、判定処理（ステップS 3 1 0 5）によって連携すべきと判定された場合（ステップS 3 1 0 5 : Y e s）、複数の個別システム１００Ａ、１００Ｃのうち第１個別システム１００Ａが実行する第１処理群が使用する第１リソース（道路リソース管理部３３２０の道路リソース）と、複数の個別システム１００Ａ、１００Ｃのうち第３個別システム１００Ｃが実行する第３処理群（道路処理部３６０１）が使用し、かつ、第１リソースと同種の第２リソース（道路リソース管理部３６１０の道路リソース）と、を同期することにより、複数の個別システム１００Ａ、１００Ｃを統合した統合システム３２００を生成する生成処理（ステップS 3 1 0 6）を実行する。
- [0144] （６）上記（５）の連携装置１５０１において、生成処理（ステップS 3 1 0 6）では、プロセッサ１７０１は、第１個別システム１００Ａの第１リソースと第３個別システム１００Ｃの第２リソースとを同期対象とする情報（エントリ３７１２）に基づいて、統合システム３２００を生成する。
- [0145] （７）上記（１）の連携装置１５０１において、選択処理（ステップS 3 1 0 1）では、プロセッサ１７０１は、所定の契機に基づいて、所定の契機に対応する個別システム群１００ｓの中の特定の個別システム１００Ａと、特定の個別システム１００Ａ以外の他の個別システム１００Ｂと、を選択する。
- [0146] （８）上記（７）の連携装置１５０１において、選択処理（ステップS 3 1 0 1）では、プロセッサ１７０１は、特定の個別システム１００Ｂからの連

携依頼を所定の契機として、特定の個別システム１００Ｂと、他の個別システム１００Ａと、を選択する。

[0147] (９) 上記(７)の連携装置１５０１において、選択処理(ステップＳ３１０１)では、プロセッサ１７０１は、個別システム群１００ｓの中のいずれかの個別システム１００Ａの修正を所定の契機として、修正された個別システム１００Ｂと、修正された個別システム１００Ｂ以外の他の個別システム１００Ａと、を選択する。

[0148] (１０) 上記(７)の連携装置１５０１において、選択処理(ステップＳ３１０１)では、プロセッサ１７０１は、個別システム群１００ｓの中のいずれかの個別システム１００Ｂの削除を所定の契機として、削除された個別システム１００Ｂと連携していた連携先個別システム１００Ａと、連携先個別システム１００Ａ以外の他の個別システム１００Ｃと、を選択する。

[0149] (１１) 上記(７)の連携装置１５０１において、選択処理(ステップＳ３１０１)では、プロセッサ１７０１は、個別システム群１００ｓへの新たな個別システム１００Ｃの追加を所定の契機として、新たな個別システム１００Ｃと、新たな個別システム１００Ｃ以外の他の個別システム１００Ａと、を選択する。

[0150] (１２) 上記(７)の連携装置１５０１において、選択処理(ステップＳ３１０１)では、プロセッサ１７０１は、特定の個別システム１００Ａが実行する処理群の処理対象４１０１と、特定の個別システム１００Ａ以外の他の個別システム１００Ｂが実行する処理群の処理対象４１０１と、の共通性に基づいて、特定の個別システム１００Ａと、他の個別システム１００Ｂと、を選択する。

[0151] (１３) 上記(７)の連携装置１５０１において、選択処理(ステップＳ３１０１)では、プロセッサ１７０１は、特定の個別システム１００Ａが使用するリソースの対象４１０２と、特定の個別システム１００Ａ以外の他の個別システム１００Ｃが使用するリソースに対象４１０２と、の共通性に基づいて、特定の個別システム１００Ａと、他の個別システム１００Ｃと、を選

択する。

[0152] なお、本発明は前述した実施例に限定されるものではなく、添付した特許請求の範囲の趣旨内における様々な変形例及び同等の構成が含まれる。たとえば、前述した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに本発明は限定されない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えてもよい。また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えてもよい。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加、削除、または置換をしてもよい。

[0153] また、前述した各構成、機能、処理部、処理手段等は、それらの一部又は全部を、たとえば集積回路で設計する等により、ハードウェアで実現してもよく、プロセッサがそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈し実行することにより、ソフトウェアで実現してもよい。

[0154] 各機能を実現するプログラム、テーブル、ファイル等の情報は、メモリ、ハードディスク、SSD (Solid State Drive) 等の記憶装置、又は、IC (Integrated Circuit) カード、SD カード、DVD (Digital Versatile Disc) の記録媒体に格納することができる。

[0155] また、制御線や情報線は説明上必要と考えられるものを示しており、実装上必要な全ての制御線や情報線を示しているとは限らない。実際には、ほとんど全ての構成が相互に接続されていると考えてよい。