



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112955922 A

(43) 申请公布日 2021.06.11

(21) 申请号 201980071593.1

(22) 申请日 2019.10.25

(30) 优先权数据

2018-205045 2018.10.31 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2021.04.28

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2019/041985 2019.10.25

(87) PCT国际申请的公布数据

W02020/090674 JA 2020.05.07

(71) 申请人 株式会社日立制作所

地址 日本东京都

(72) 发明人 小川纯 木村幸代 奥山拓哉

山冈雅直

(74) 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司 11243

代理人 范胜杰 文志

(51) Int.Cl.

G06Q 40/06 (2006.01)

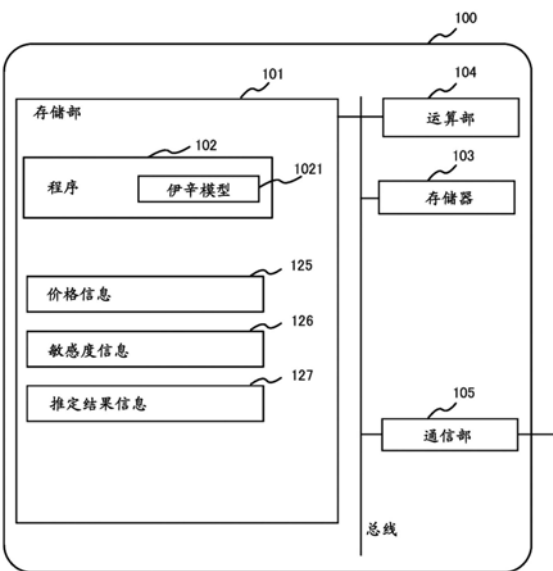
权利要求书2页 说明书13页 附图13页

(54) 发明名称

信息提供装置以及信息提供方法

(57) 摘要

在信息提供装置(100)中构成为具有:存储部(101),存储有各种金融商品的价格信息(125);以及运算部(104),关于所述价格信息所表示的所述金融商品各自的实际价格与关于该金融商品分别基于与其他金融商品的敏感度而决定的推定价格,对将所述金融商品的价格增减事件设为自旋,并将所述金融商品之间的价格的敏感度设定为所述自旋间的相互作用的强度的伊辛模型进行运算,基于所述运算的结果,针对所述金融商品中的至少任意1个金融商品,将与将来的价格有关的信息输出到预定装置。



1. 一种信息提供装置,其特征在于,具有:

存储部,存储有各种金融商品的价格信息;以及

运算部,关于所述价格信息表示的所述金融商品各自的实际价格以及关于该金融商品分别基于与其他金融商品的敏感度而决定的推定价格,对将所述金融商品的价格增减事件设定为自旋,并将所述金融商品之间的价格的敏感度设定为所述自旋间的相互作用的强度的伊辛模型进行运算,

所述运算部基于所述运算的结果,针对所述金融商品中的至少任意1个金融商品,将与将来的价格有关的信息输出到预定装置。

2. 根据权利要求1所述的信息提供装置,其特征在于,

作为所述伊辛模型,所述运算部在存在多个所述自旋,并将所述金融商品之间的价格的敏感度设定为与各个所述自旋之间的相互作用的强度的伊辛模型中执行所述运算,针对所述金融商品中的至少任意1个金融商品,将与所述实际价格和所述推定价格之间的差异的程度有关的信息输出到预定装置。

3. 根据权利要求1所述的信息提供装置,其特征在于,

作为上述伊辛模型,所述运算部对将上述金融商品中形成组的各金融商品的价格增减事件设为自旋,并将形成上述组的金融商品之间的价格的敏感度设定为上述自旋间的相互作用的强度的伊辛模型进行运算,向预定装置输出与上述组中的一个金融商品的实际价格和针对该一个金融商品基于与另一个金融商品的敏感度而确定的推定价格之间的差异有关的信息。

4. 根据权利要求1所述的信息提供装置,其特征在于,

所述信息提供装置是关于上述伊辛模型用于解决组合最优化问题的CMOS退火机。

5. 一种信息提供方法,其特征在于,

具备存储有各种金融商品的价格信息的存储部的信息处理装置关于所述价格信息表示的所述金融商品各自的实际价格以及关于该金融商品分别基于与其他金融商品的敏感度而决定的推定价格,对将所述金融商品的价格增减事件设定为自旋,并将所述金融商品之间的价格的敏感度设定为所述自旋间的相互作用的强度的伊辛模型进行运算,基于所述运算的结果,针对所述金融商品中的至少任意1个金融商品,将与将来的价格有关的信息输出到预定装置。

6. 根据权利要求5所述的信息提供方法,其特征在于,

作为所述伊辛模型,所述信息处理装置在存在多个所述自旋,并将所述金融商品之间的价格的敏感度设定为与各个所述自旋之间的相互作用的强度的伊辛模型中执行所述运算,针对所述金融商品中的至少任意1个金融商品,将与所述实际价格和所述推定价格之间的差异的程度有关的信息输出到预定装置。

7. 根据权利要求5所述的信息提供方法,其特征在于,

作为上述伊辛模型,所述信息处理装置对将上述金融商品中形成组的各金融商品的价格增减事件设为自旋,并将形成上述组的金融商品之间的价格的敏感度设定为上述自旋间的相互作用的强度的伊辛模型进行运算,向预定装置输出与上述组中的一个金融商品的实际价格和针对该一个金融商品基于与另一个金融商品的敏感度而确定的推定价格之间的差异有关的信息。

8. 根据权利要求5所述的信息提供方法, 其特征在于,
所述信息处理装置是关于上述伊辛模型用于解决组合最优化问题的CMOS退火机。

信息提供装置以及信息提供方法

技术领域

[0001] 本发明涉及信息提供装置以及信息提供方法,具体而言,涉及高效且高精度地推定与金融商品有关的信息的技术。

背景技术

[0002] 在预定条件下搜索使期望的参数最大或最小的解的所谓的组合最优化问题的概念也能够应用于交通堵塞消除、全球供应链中的物流成本降低等实际社会中的复杂的问题。

[0003] 另一方面,在这样的解候选爆发性地变多,因此如果不是超级计算机或量子计算机等具有相应的计算能力的计算机,则难以在实用的时间内求解该问题。

[0004] 例如,作为与量子计算机相关的现有技术提出了如下技术等:关于对需要穷举搜索那样的逆问题或组合最优化问题能够进行高速运算的计算机,将自旋作为运算中的变量,通过自旋间相互作用和按每个自旋作用的局部场来设定要求解的问题,另外,在时刻 $t=0$ 通过外部磁场使全部自旋朝向一个方向,在时刻 $t=\tau$ 逐渐减小外部磁场使得外部磁场成为零,另外,各个自旋按照在时刻 t 的各地点的外部磁场以及由自旋间相互作用的全部作用决定的有效磁场,随时间发展为确定朝向,此时,自旋的朝向不是与有效磁场完全一致,而是成为量子力学上修正后的朝向,由此使系统大致维持基态(参照专利文献1)。

[0005] 现有技术文献

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献1:W02016/157333

发明内容

[0008] 发明要解决的课题

[0009] 但是,关于金融商品,没有提出适当地应用上述那样的量子计算机技术的方式。例如,金融商品的价格根据对该金融商品造成影响的各种因素(例:其他金融商品的价格等)而变动。另外,该因素自身也变动,且因素彼此也有影响。而且,这样的变动的程度也是各种各样。

[0010] 在对应于这样的状况进行金融商品的价格推定等时,如果采用一般的计算机,则根据上述的因素数量,计算量呈指数函数地增加,需要庞大的时间或达到溢出。

[0011] 因此,本发明的目的在于提供一种高效且高精度地推定与金融商品有关的信息的技术。

[0012] 用于解决课题的手段

[0013] 用于解决上述课题的本发明的信息提供装置的特征为,具有:存储部,其存储有各种金融商品的价格信息;以及运算部,关于所述价格信息表示的所述金融商品各自的实际价格以及关于该金融商品分别基于与其他金融商品的敏感度而决定的推定价格,所述运算部对将所述金融商品的价格增减事件设定为自旋,并将所述金融商品之间的价格敏感度设

定为所述自旋间的相互作用的强度的伊辛模型进行运算,所述运算部基于所述运算的结果,针对所述金融商品中的至少任意1个金融商品,将与将来的价格有关的信息输出到预定装置。

[0014] 另外,本发明的信息提供方法的特征为,具备存储有各种金融商品的价格信息的存储部的信息处理装置进行以下处理:针对所述价格信息表示的所述金融商品各自的实际价格以及关于该金融商品分别基于与其他金融商品的敏感度而决定的推定价格,运算将所述金融商品的价格增减事件设定为自旋,将所述金融商品之间的价格敏感度设定为所述自旋间的相互作用的强度的伊辛模型,基于所述运算的结果,针对所述金融商品中的至少任意1个金融商品,将与将来的价格有关的信息输出到预定装置。

[0015] 发明效果

[0016] 根据本发明,能够高效且高精度地推定与金融商品有关的信息。

附图说明

[0017] 图1是包含本实施方式的信息提供装置的网络结构图。

[0018] 图2表示本实施方式中的货币对的敏感状况例1。

[0019] 图3表示本实施方式中的货币对的敏感状况例2。

[0020] 图4表示本实施方式的信息提供装置的硬件结构例。

[0021] 图5表示本实施方式的时序图的例子。

[0022] 图6表示与本实施方式中的基本概念相关的流程图。

[0023] 图7表示本实施方式的价格信息的数据结构例。

[0024] 图8表示本实施方式的敏感度信息的数据结构例。

[0025] 图9表示本实施方式的信息提供方法的流程例1。

[0026] 图10表示本实施方式的画面例1。

[0027] 图11表示本实施方式的画面例2。

[0028] 图12表示本实施方式的价格推定例1。

[0029] 图13表示本实施方式的价格推定例2。

[0030] 图14表示本实施方式的信息提供方法的流程例2。

[0031] 图15表示本实施方式的画面例4。

具体实施方式

[0032] 关于退火机

[0033] 如以上所述的专利文献1所示,本申请人开发了量子计算技术,例如,实现了基于大数据的穷举搜索问题(包括组合最优化问题的概念)中的各问题的解决。

[0034] 对于这样的穷举搜索问题,一般对量子计算机的期待大。量子计算机由被称为量子比特的基本元件构成,同时实现“0”和“1”。因此,能够将全部的候选解作为初始值同时计算,具有能够实现穷举搜索的可能性。但是,量子计算机需要在整个计算时间内维持量子相干性。

[0035] 其中受到关注的是被称为绝热量子计算的方法(参考文献:E.Farhi,et al.,“A quantum adiabatic evolution algorithm applied to random instances of an NP-

complete problem,”Science 292,472 (2001) .)。该方法对问题进行变换以使得某个物理系统的基态成为解,通过发现基态来得到解。

[0036] 将设定了问题的物理系统的哈密顿算符设为 $\hat{H}_p$ 。但是,在运算开始时间点,并不是将哈密顿算符设为 $\hat{H}_p$,而是不同地将基态明确且容易准备的其他哈密顿算符设为 $\hat{H}_0$ 。接着,花费足够的时间,使哈密顿算符从 $\hat{H}_0$ 转移到 $\hat{H}_p$ 。如果花费足够的时间,则系统持续处于基态,得到哈密顿算符 $\hat{H}_p$ 的基态。这是绝热量子计算的原理。如果将计算时间设为 τ ,则哈密顿算符成为公式(1),

[0037] [公式1]

$$[0038] \quad \hat{H}(t) = \left(1 - \frac{t}{\tau}\right) \hat{H}_0 + \frac{t}{\tau} \hat{H}_p$$

[0039] 根据公式(2)的薛定谔(Schroedinger)方程随时间发展而得到解。

[0040] [公式2]

$$[0041] \quad i\hbar \frac{\partial}{\partial t} |\psi(t)\rangle = \hat{H}(t) |\psi(t)\rangle$$

[0042] 绝热量子计算也能够应用于需要穷举搜索的问题,在单向性的过程中达到解。但是,如果计算过程需要遵循公式(2)的薛定谔方程,则需要与量子计算机同样地维持量子相干性。

[0043] 但是,量子计算机反复进行针对1量子比特或2量子比特间的门操作,与此相对,绝热量子计算是在整个量子比特系统一起相互作用的计算,相干性的考虑方法不同。

[0044] 例如,尝试考虑针对某个量子比特的门动作。此时,如果在该量子比特与其他量子比特之间存在相互作用,则这成为退相干的原因,但在绝热量子计算中使所有的量子比特同时相互作用,因此在该例子的情况下不会成为退相干。反映该差异,认为与量子计算机相比绝热量子计算对于退相干耐性好。

[0045] 如上所述,绝热量子计算对于需要穷举搜索的难题是有效的。然后,将自旋作为运算中的变量,通过自旋间相互作用和按每个自旋作用的局部场来设定要求解的问题。

[0046] 在时刻 $t=0$,通过外部磁场使全部自旋朝向一个方向,在时刻 $t=\tau$,逐渐减小外部磁场使得外部磁场成为零。

[0047] 各自旋按照在时刻 t 的各地点(site)的外部磁场以及由自旋间相互作用的全部作用决定的有效磁场,随时间发展为确定方向。

[0048] 此时,自旋的方向不是与有效磁场完全一致,而是成为量子力学上修正后的方向,由此系统大致维持基态。

[0049] 另外,把在随时间发展时将各自旋维持为原来的朝向的项(缓和项)与有效磁场相加,来提高解的收敛性。

[0050] 作为本实施方式的信息提供装置,设想进行上述的绝热量子计算的退火机,但当然并不限于此,只要是能够按照本发明的信息提供方法适当地求解组合最优化问题的装置,则都能够应用。具体而言,不仅包括在退火方式中通过电路(数字电路等)安装的硬件,还包括通过超导电路等进行安装的方式。另外,也可以是通过退火方式以外的方式实现伊辛模型(Ising model)的硬件。例如也包括激光网络方式(光参量振荡)、量子神经网络等。

另外,虽然如上所述一部分的想法不同,但在将通过伊辛模型进行的计算用哈达玛门(hadamard gate)、旋转门、控制非门这样的门进行置换后的量子门方式中,也能够实现本发明。

[0051] 网络结构

[0052] 以下,使用附图对本发明的实施方式进行详细说明。图1是包含本实施方式的信息提供装置100的网络结构图。

[0053] 图1所示的信息提供装置100是高效且精度良好地推定与金融商品相关的信息的计算机装置,具体而言,作为一例,假定退火机。退火机的概要如基于专利文献1已经叙述的那样,适当省略其具体的结构、动作等的详细内容(以下相同)。

[0054] 本实施方式的信息提供装置100经由因特网等适当的网络10,以能够进行数据通信的方式与用户终端200以及金融信息提供分发系统300连接。

[0055] 其中,用户终端200是从信息提供装置100接受与金融商品有关的信息提供的终端。

[0056] 作为该用户终端200的用户,具体而言,能够设想金融机构、保险公司等机构投资者的负责人或一般的个人投资者等。

[0057] 另外,关于信息提供装置100提供的与金融商品有关的信息,能够设想以下的信息,该信息表示与预定的金融商品有关的在当前时间点确定的价格与关于预定的未来预想的推定价格之间有无差异以及差异的程度。该价格之间存在差异,并且该差异越大,作为所谓的套利的机会意义越大。因此,接受这样的信息的提供的上述用户能够以适当的精度识别合适的投资机会。

[0058] 另一方面,金融信息分发系统300是将各种金融商品的价格信息分发到信息提供装置100的系统。

[0059] 关于该金融信息分发系统300,能够设想各种金融机构和证券公司、政府机关等保持金融商品的价格信息的组织所运营的服务器装置。

[0060] 作为上述的各种金融商品,例如能够设想股票、期货商品、外汇这样的金融商品。另外,关于价格信息,可以设想股价指数、商品期货价格、外汇行情、外汇远期行情、多头/空头未平仓头寸比率、各种指标的波动性、风险逆转等。

[0061] 在如上述的外汇行情中的货币对那样相互具有依赖关系的多个要素(包括货币对彼此以及形成货币对的货币彼此这两个概念)逐次变化的情况下,在某些局面设想产生了不均衡的状态。

[0062] 作为这样的状况的具体的图像,在图2以及图3中例示了某个时间点(在市场上取得了均衡的状态)的货币对各自的汇率从该时间点起经过一定时间与各货币对间的敏感度对应地进行变化的状况。

[0063] 例如,这是在关于外汇行情具有正相关“0.7”的货币对USD/JPY与EUR/JPY之间,即使USD/JPY的汇率上升,另一方的EUR/JPY的汇率仍未显示出相应的上升的局面下,关于该EUR/JPY,存在与本来应该稳定的汇率(根据与USD/JPY的敏感度而推定的价格即推定价格)的偏离。这可以说是不均衡的状态。

[0064] 因此,信息提供装置100通过关于金融商品的价格确定上述的偏离来进行不均衡的发生状态(偏离越大则设为越不均衡)的评价,并将该信息分发给用户终端200。

[0065] 如果在以往,则在上述的推定价格和偏离的计算时,相对于要素即金融商品的价格信息的增加,计算量指数函数地增加,到计算完成为止需要长时间,但通过采用使用了退火机的信息提供装置100,能够不那么依赖于要素的增加来进行计算。

[0066] 硬件结构

[0067] 另外,本实施方式的信息提供装置100的硬件结构如图4所示。即,信息提供装置100具备:存储部101,其由SSD(Solid State Drive:固态驱动器)、硬盘驱动器等适当的非易失性存储元件构成;存储器103,其由RAM等易失性存储元件构成;CPU等运算部104,其将保存在存储部101中的程序102读出到存储器103等并执行,进行装置自身的综合控制,并且进行各种判定、运算以及控制处理;以及通信部105,其与网络10连接,负责与其他装置的通信处理。

[0068] 在信息提供装置100是单机的情况下,优选还具备接受来自用户的按键输入或声音输入的输入装置、以及进行处理数据的显示的显示器等输出装置。

[0069] 另外,在存储部101内除了存储有用于安装作为本实施方式的信息提供装置所需要的功能的程序102以外,还至少存储有金融商品的价格信息125以及敏感度信息126。但是,关于这些信息的详细内容在后面叙述。

[0070] 另外,关于程序102,即用于对作为退火机的动作进行安装的算法,保存作为应解决的课题的伊辛模型1021的信息。该伊辛模型1021是管理者等根据成为信息提供对象的金融商品和对其造成影响的其他金融商品的各种信息而预先设定的模型。

[0071] 在退火机的概要中叙述的绝热量子计算也通过别名被称为量子退火,是将经典的退火的概念发展为量子力学的计算。即,绝热量子计算也能够解释为能够进行原本经典的动作,并且对于高速性和解的正确率为了提高性能而附加了量子力学的效果。因此,在本发明中,运算部本身是经典的,通过在运算过程中导入量子力学上决定的参数,实现经典但包含量子力学效果的运算方法和装置。

[0072] 基于以上的概念,在以下的例子中,一边说明与绝热量子计算的关联性,一边叙述用于得到作为解的基态的经典算法和用于实现该算法的装置。

[0073] 在这样的前提下的信息提供装置100中, N 个变量 s_j^z ($j=1,2,\dots,N$) 取 $-1 \leq s_j^z \leq 1$ 的值域,通过局部场 g_j 和变量间相互作用 J_{ij} ($i,j=1,2,\dots,N$) 来进行课题的设定。

[0074] 另外,在运算部104中,设为对时刻进行 m 分割从而离散地从 $t=t_0$ ($t_0=0$) 到 t_m ($t_m=\tau$) 进行运算,在求各时刻 t_k 的变量 $S_j^z(t_k)$ 时,使用前一时刻 t_{k-1} 的变量 $S_j^z(t_{k-1})$ ($i=1,2,\dots,N$) 的值和缓和项的系数 g_{pina} 或 g_{pinb} ,来求 $B_j^z(t_k) = \{\sum_i J_{ij} S_i^z(t_{k-1}) + g_j + \text{sgn}(s_j^z(t_{k-1})) \cdot g_{\text{pina}}\} \cdot t_k/\tau$ 或 $B_j^z(t_k) = \{\sum_i J_{ij} S_i^z(t_{k-1}) + g_j + g_{\text{pinb}} \cdot S_j^z(t_{k-1})\} \cdot t_k/\tau$,以上述变量 $S_j^z(t_k)$ 的值域成为 $-1 \leq s_j^z(t_k) \leq 1$ 的方式确定函数 f ,设为 $S_j^z(t_k) = f(B_j^z(t_k), t_k)$,随着使时刻步长从 $t=t_0$ 前进至 $t=t_m$,使上述变量 S 接近-1或1,如果最终 $s_j^z < 0$,则将解确定为 $S_j^{zd} = -1$,如果 $S_j^z > 0$,则将解确定为 $S_j^{zd} = 1$ 。

[0075] 系数 g_{pinb} 例如是 $|J_{ij}|$ 的平均值的50%至200%的值。另外,关于课题设定的局部场 g_j ,也能够仅对某个地点 j' 将校正项 $\delta g_j'$ 与 g_j' 相加,仅针对该地点 j' 增大 g_j' 的大小。另外,校正项 $\delta g_j'$ 例如是 $|J_{ij}|$ 的平均值的10%至100%的值。

[0076] 接着,经过从量子力学的记述出发而转移到经典的形式,来叙述退火机的基本原理。

[0077] 已知由公式(3)给出的伊辛自旋哈密顿算符的基态搜索问题包含被称为NP困难的分类问题,是有用的问题(文献:F.Barahona,“On the computational complexity of Isingspin glass models,”J.Phys.A:Math.Gen.15,3241(1982).)。

[0078] [公式3]

$$[0079] \quad \hat{H}_p = -\sum_{i>j} J_{ij} \hat{\sigma}_i^z \hat{\sigma}_j^z - \sum_j g_j \hat{\sigma}_j^z$$

[0080] J_{ij} 和 g_j 是课题设定参数, $\hat{\sigma}^z$ 是泡利的自旋矩阵的z分量,取 ± 1 的固有值。 i,j 表示自旋的地点。所谓伊辛自旋是通过作为值只能取 ± 1 的变量,在公式(3)中 $\hat{\sigma}^z$ 的固有值为 ± 1 ,由此成为伊辛自旋系统。

[0081] 公式(3)的伊辛自旋不需要是像字面那样的自旋,只要哈密顿算符用公式(3)记述,则在物理上可以是任意的。

[0082] 例如,可以将金融商品价格的增加和减少与 ± 1 对应起来,也可以将逻辑电路的高(high)和低(low)与 ± 1 对应起来,还可以将光的纵偏振波和横偏振波与 ± 1 对应起来,或者可以将 $0,\pi$ 的相位与 ± 1 对应起来。

[0083] 在此例示的方法中,与绝热量子计算同样地,对于在时刻 $t=0$ 由公式(4)给出的哈密顿算符的基态准备运算系统。

[0084] [公式4]

$$[0085] \quad \hat{H}_0 = -\gamma \sum_j \hat{\sigma}_j^x$$

[0086] γ 是由均匀地向全部地点j施加的外场的大小决定的比例常数, $\hat{\sigma}_j^x$ 是泡利的自旋矩阵的x分量。如果运算系统是自旋本身,则外场意味着磁场。

[0087] 公式(4)相当于施加了横向磁场,在所有的自旋朝向x方向的情况下($\gamma > 0$)为基态。问题设定的哈密顿算符被定义为仅z分量的伊辛自旋系统,但公式(4)中出现了自旋的x分量。因此,运算过程中的自旋不是伊辛自旋而是矢量性的(布洛赫矢量)自旋。在 $t=0$ 通过公式(4)的哈密顿算符开始,但随着时刻t的行进,逐渐使哈密顿算符变化,最终成为公式(3)中记述的哈密顿算符,作为解得到其基态。

[0088] [公式5]

$$[0089] \quad \hat{H} = -\mathbf{B} \cdot \hat{\boldsymbol{\sigma}}$$

[0090] 在此, $\hat{\sigma}$ 将泡利的自旋矩阵的3个分量表示为矢量。基态为自旋朝向磁场方向的情况,将 $\langle \cdot \rangle$ 作为量子力学的期待值记为 $\langle \hat{\sigma} \rangle = \mathbf{B}/|\mathbf{B}|$ 。由于在绝热过程中始终要维持基态,因此自旋的方向始终追随磁场的方向。

[0091] 以上的讨论也可以扩展到多自旋系统。在 $t=0$ 公式(4)给出哈密顿算符。这意味着对全部自旋均匀地施加了磁场 $B_j^x = \gamma$ 。在 $t > 0$,磁场的x分量逐渐减弱, $B_j^x = \gamma (1 \sim t/\tau)$ 。关于z分量,由于具有自旋间相互作用,因此作为有效磁场成为公式(6)。

[0092] [公式6]

$$[0093] \quad \hat{B}_j^z(t) = \frac{t}{\tau} \left(\sum_{i \neq j} J_{ij} \hat{\sigma}_i^z + g_j \right)$$

[0094] 自旋的方向可以由 $\langle \hat{\sigma}^z \rangle / \langle \hat{\sigma}^x \rangle$ 规定,因此如果自旋的方向追随有效磁场,则通过

公式 (7) 确定自旋的方向。

[0095] [公式7]

$$[0096] \quad \langle \hat{\sigma}_j^z \rangle / \langle \hat{\sigma}_j^x \rangle = \langle \hat{B}_j^z(t) \rangle / \langle \hat{B}_j^x(t) \rangle$$

[0097] 公式 (7) 是量子力学上的记述,但取得了期待值,因此与公式 (1) ~ (6) 不同,是关于经典量的关系式。

[0098] 由于在经典系统中没有量子力学的非局部相关(量子缝合),所以自旋的方向应该由每个地点的局部场完全决定,公式 (7) 决定经典的自旋系统的动作。在量子系统中由于存在非局部相关,所以将公式 (7) 变形,关于该变形在后面叙述,在此为了叙述发明的基本方式,记述由公式 (7) 决定的经典系统。

[0099] 图5表示用于得到自旋系统的基态的时序图 (1)。图5的描述涉及经典量,因此,地点j的自旋由 s_j 而不是由 σ^j 表示。另外,与此相伴,图5的有效磁场 B_j 是经典量。在 $t=0$,在所有地点施加向下的有效磁场 B_j ,所有自旋 S_j 被初始化为向下。

[0100] 随着时间t的经过,逐渐施加z轴方向的磁场和自旋间相互作用,最终自旋成为+z方向或-z方向,自旋 S_j 的z分量成为 $s_j^z=+1$ 或-1。理想的是时间t是连续的,但在实际的运算过程中也能够变为离散来提高便利性。以下,叙述离散的情况。

[0101] 这里例示的自旋不仅是z分量,还加上了x分量,因此成为矢量性的自旋。根据图5也能够理解作为矢量的动作。到此为止没有出现y分量,这是由于将外场方向设为xz面,所以不存在外场的y分量,因此 $\langle \sigma^y \rangle = 0$ 。

[0102] 作为运算系统的自旋,设想了大小为1的3维矢量(将其称为布洛赫矢量,能够用球面上的点记述状态),但在图示的例子中的轴的取得方法中,仅考虑2维即可(能够用圆上的点记述状态)。

[0103] 另外,由于 γ 恒定,所以 $B_j^x(t) > 0 (\gamma > 0)$ 或 $B_j^x(t) < 0 (\gamma < 0)$ 成立。在该情况下,2维自旋矢量能够仅用半圆记述,如果在 $[-1, 1]$ 中指定 S_j^z ,则通过 S_j^z 的1个变量决定2维自旋矢量。因此,在这里的例子中,自旋是2维矢量,但也可以表述为将值域设为 $[-1, 1]$ 的1维连续变量。

[0104] 在图5的时序图中,在时刻 $t=t_k$,针对每个地点求出有效磁场,使用其值通过公式 (8) 求出 $t=t_k$ 的自旋的方向。

[0105] [公式8]

$$[0106] \quad s_j^z(t_k) / s_j^x(t_k) = B_j^z(t_k) / B_j^x(t_k)$$

[0107] 公式 (8) 是将公式 (7) 改写为与经典量相关的表述而得到的公式,因此没有附加 $\langle \cdot \rangle$ 的记号。

[0108] 接着,使用 $t=t_k$ 的自旋的值求出 $t=t_k+1$ 的有效磁场。如果具体地写出各时刻的有效磁场,则成为公式 (9) 以及 (10)。

[0109] [公式9]

$$[0110] \quad B_j^x(t_{k+1}) = \left(1 - \frac{t_{k+1}}{\tau} \right) \gamma$$

[0111] [公式10]

$$[0112] \quad B_j^z(t_{k+1}) = \frac{t_{k+1}}{\tau} \left(\sum_{i \neq j} J_{ij} s_i^z(t_k) + g_j \right)$$

[0113] 以下,按照在图5的时序图中示意性地表示的顺序,交替地求出自旋和有效磁场。

[0114] 在经典系统中,自旋矢量的大小为1。在该情况下,使用由 $\tan \theta = B_j^z(t_k) / B_j^x(t_k)$ 定义的中介变量 θ ,将自旋矢量的各分量描述为 $S_j^z(t_k) = \sin \theta$ 、 $S_j^x(t_k) = \cos \theta$ 。

[0115] 如果对其进行改写,则 $S_j^z(t_k) = \sin(\arctan(B_j^z(t_k) / B_j^x(t_k)))$ 、 $S_j^x(t_k) = \cos(\arctan(B_j^z(t_k) / B_j^x(t_k)))$ 。

[0116] 由公式(9)可知, $B_j^x(t_k)$ 的变量仅为 t_k , τ 和 γ 为常数。因此, $S_j^z(t_k) = \sin(\arctan(B_j^z(t_k) / B_j^x(t_k)))$ 和 $S_j^x(t_k) = \cos(\arctan(B_j^z(t_k) / B_j^x(t_k)))$ 作为以 $B_j^z(t_k)$ 和 t_k 为变量的函数,能够进行 $S_j^z(t_k) = f_1(B_j^z(t_k), t_k)$ 以及 $S_j^x(t_k) = f_2(B_j^z(t_k), t_k)$ 这样的一般化的表现。

[0117] 由于将自旋记述为2维矢量,所以出现了 $S_j^z(t_k)$ 和 $S_j^x(t_k)$ 这2个分量,如果基于公式(10)决定 $B_j^z(t_k)$,则不需要 $S_j^x(t_k)$ 。

[0118] 这对应于能够仅通过以 $[-1, 1]$ 为值域的 $S_j^z(t_k)$ 来描述自旋状态。最终的解 S_j^{zd} 需要成为 $S_j^{zd} = -1$ 或 1 ,如果 $S_j^z(\tau) > 0$,则设为 $S_j^{zd} = 1$,如果 $S_j^z(\tau) < 0$,则设为 $S_j^{zd} = -1$ 。

[0119] 图6表示将上述算法汇总到流程图而得到的图。在此, $t_m = \tau$ 。图6的流程图的各步骤s1~s9对应于从时间 $t = 0$ 到 $t = \tau$ 的图5的时序图的某个时刻的处理。即,流程图的步骤s2、s4、s6分别与 $t = t_1$ 、 t_{k+1} 、 t_m 的上述公式(9)以及(10)对应。在步骤s8中,如果 $S_j^z < 0$ 则设为 $S_j^{zd} = -1$,如果 $S_j^z > 0$ 则设为 $S_j^{zd} = 1$,由此来确定最终的解。

[0120] 到此为止示出了在通过公式(3)表现了课题时如何求解。接着,关于如何通过包含局部场 g_j 和变量间相互作用 J_{ij} ($i, j = 1, 2, \dots, N$)的公式(3)来表现具体的课题,举出具体例来进行说明。

[0121] 这里的具体的课题即伊辛模型1021设想金融商品中的货币对的价格预测的问题。在该情况下,作为局部场 g_j ,分别设想金融商品的实价(例如:外汇行情、外汇远期行情、股票指数、商品期货价格、多头/空头未平仓头寸比率、各种指标的波动性、风险逆转等)和推定价格。推定价格是以在当前时间点确定的价格(实际价格)为起点,关于成为对象的货币对,基于与其他金融商品的敏感度而确定的价格。

[0122] 另外,将 σ_j^z 考虑为用于使其他金融商品的价格增减(除了股价指数等以外,还可以包含其他货币对的概念)影响预定的货币对的价格增减的变量。货币对的汇率与其他金融商品的价格的相关强度即敏感度通过变量间相互作用 J_{ij} 来表现。如上所述,本发明中说明的敏感度不仅是汇兑与股票的相关强度(也称为影响程度)。

[0123] 经过以上那样的考察具体地设定变量间相互作用 J_{ij} ,通过由公式(3)表示的伊辛模型1021的基态搜索,即上述的实际价格与推定价格的差异为最小的基态的搜索,确定各货币对的汇率变动收敛的平衡地点。该基态下的汇率成为关于该货币对所预测的预定未来的推定价格。

[0124] 数据结构例

[0125] 接着,对本实施方式的信息提供装置100所使用的各种信息进行说明。图7表示本实施方式的价格信息125的一例。

[0126] 本实施方式的价格信息125是积蓄了各种金融商品的价格信息的表。作为该价格信息,包含金融信息分发系统300分发的实际的市场价格即实际价格。另外,也可以包含信息提供装置100作为退火机针对预定的未来计算出的推定价格。

[0127] 该数据结构例如是以USD/JPY、USD/EUR、NY道琼斯指数、TOPIX等金融商品的名称为关键字,由对象日期时间、该对象日期时间的实际价格以及推定价格这样的数据构成的记录的集合体。

[0128] 在图7的价格信息125中例示的金融商品的例子只是为了便于说明而限定的,存储有其他各种金融商品的价格信息(以下相同)。

[0129] 另外,图8表示本实施方式的敏感度信息126的一例。本实施方式的敏感度信息126是积蓄了各金融商品之间的与价格有关的敏感度的信息的表。例如关于各个金融商品之间,对价格信息125所示的预定期间内的价格的变化(方向和程度)进行相关分析,由此来确定该敏感度的信息。

[0130] 该数据结构是以USD/JPY与EUR/JPY、USD/JPY与NY道琼斯指数、USD/JPY与TOPIX等成为敏感度对象的金融商品的对象组作为关键字,由关于该组得到的敏感度这样的数据而构成的记录的集合体。

[0131] 流程例1

[0132] 以下,基于附图对本实施方式的信息提供方法的实际步骤进行说明。与以下说明的信息提供方法对应的各种动作通过由信息提供装置100读出到存储器等并执行的程序来实现。并且,该程序由用于进行以下说明的各种动作的代码构成。

[0133] 图9表示本实施方式的信息提供方法的流程例1。在此,作为成为对象的金融商品的一例,设想图10所示的3个货币对。为了简化说明而例示3个货币对,但实际上也可以将更多的货币对其他金融商品包含在对象中。

[0134] 在这些3个货币对的汇率之间存在正或负的敏感度产生作用的关系性。

[0135] 例如,在USD/JPY的汇率与EUR/JPY的汇率之间存在0.7的敏感度。因此,当USD/JPY的汇率上升1%时,对其敏感的EUR/JPY的汇率有上升0.7%的趋势。

[0136] 另一方面,EUR/JPY的汇率与USD/EUR的汇率之间存在-1.8的敏感度。因此,当EUR/JPY的汇率上升1%时,对其敏感的USD/EUR的汇率有下降1.8%的趋势。

[0137] 但是,未必在一个货币对的汇率产生了变化的定时,另一个货币对的汇率立即产生这样的基于敏感度的汇率的上下变动。通常,具有预定的时间差而产生上下变动。

[0138] 即,在相当于该“时间差”的时间段中,(当考虑敏感度时)将来可能达到的汇率(推定价格)与当前的汇率(实际价格)之间存在偏离。

[0139] 该偏离可能成为投资机会,因此如果根据消除该偏离的方向(汇率的上升/下降)来进行该货币对的买入下单或卖出下单,则预计能够以良好的概率获得买卖收益。因此,本实施方式的信息提供装置100确定与这样的偏离(价格差)有关的信息,并提供给用户终端200。

[0140] 在以上述那样的状况为前提的情况下,信息提供装置100保持以下的模型信息,来作为成为处理对象的伊辛模型1021,该模型信息将上述各货币对中的汇率的增减事件设定为自旋,将该各货币对之间的汇率的敏感度设定为该自旋间的相互作用的强度。

[0141] 与货币对的汇率相关的信息从价格信息125得到。另外,与敏感度相关的信息从敏

感度信息126得到。

[0142] 在图10所示的3个货币对的情况下,针对USD/JPY与EUR/JPY的汇率之间,将敏感度“0.7”设定为该货币对的自旋间的相互作用的强度。另外,针对EUR/JPY与USD/EUR的汇率之间,将敏感度“-1.8”设定为该货币对的自旋间的相互作用的强度。另外,针对USD/EUR与USD/JPY的汇率之间,将敏感度“-0.68”设定为该货币对的自旋间的相互作用的强度。

[0143] 能够假设针对每一个货币对将上述伊辛模型1021中的自旋设定一个或多个的方式。

[0144] 在针对每一个货币对设定了1个自旋的方式的情况下,该自旋仅能够表示汇率的增减方向。

[0145] 另一方面,在针对每一个货币对设定了多个自旋(以下,称为自旋组)的方式的情况下,该自旋组能够表示汇率的增减方向和增减程度。即,自旋组中的矢量的方向(+方向/-方向)和大小对应于汇率的增减方向和增减程度。

[0146] 因此,信息提供装置100作为退火机,将进行了与上述3个货币对相关的设定的伊辛模型1021为课题,计算价格信息125所示的3个货币对各自的当前汇率(实际价格)与关于该3个货币对分别基于与其他金融商品的敏感度而确定的推定汇率(推定价格)之间的差异成为最小的基态(s10)。这样的基态搜索本身与现有技术中的处理相同。

[0147] 即,各货币对的当前汇率随着预定时间的经过向(基于敏感度的理论上的)推定汇率迁移,搜索全部货币对的汇率稳定的状态来作为基态。

[0148] 如图10所例示的那样,在此计算出的基态下的3个货币对各自的汇率在USD/JPY中,“Bid(买入价)”为“111.510”,“Ask(卖出价)”为“111.512”,在EUR/JPY中,“Bid”为“129.310”,“Ask”为“129.313”,在USD/EUR中,“Bid”为“1.16338”,“Ask”为“1.16411”。

[0149] 这是从当前开始经过了某段时间的未来的汇率。在将针对每个货币对设定了1个自旋的伊辛模型1021设为对象的情况下,在计算出的基态下,确定上述未来的货币对的汇率增减方向。

[0150] 接着,信息提供装置100针对在s10中得到的基态下的3个货币对,分别计算其实际汇率与推定汇率之间的偏离程度(s11)。

[0151] 例如,设为在受到了USD/JPY的汇率变动影响的EUR/JPY中,基态下的推定汇率成为“Bid”为“129.442”,“Ask”为“129.447”,在USD/EUR中,“Bid”为“1.16338”,“Ask”为“1.16411”。

[0152] 因此,如果进行这些推定汇率与当前的汇率即实际汇率的除法运算来计算变化率,则在EUR/JPY中,“Bid”为-0.1%,”Ask”为-0.1%。在USD/EUR中,“Bid”可计算为+0.18%,”Ask”可计算为+0.24%。

[0153] 这样的变化率的偏离是货币对之间的汇率的失真,可能成为投资机会。由此,信息提供装置100例如按照偏离的大小,对货币对之间和交易种类的信息进行排序(s12)。另外,也可以确定偏离程度最大的货币对及其交易种类。

[0154] 在上述例子的情况下,能够将相应货币对确定为“USD/EUR”,将交易种类确定为“Ask”。

[0155] 另外,信息提供装置100将在s12中确定的货币对及其交易种类以及偏离程度的信息中的至少1个以上的信息发送到用户终端200(s13),并结束处理。

[0156] 另一方面,在接受了这样的信息提供的用户终端200中,使显示器等输出部显示图11所示的信息显示画面1100。如图11所例示的那样,在该信息显示画面1100中,除了货币对和交易种类以外,还显示该货币对的当前的汇率、推定汇率和预计的价格波动(偏离的程度)的各信息。

[0157] 用户终端200的操作者阅览该信息显示画面1100,识别适当的投资机会的到来,根据消除该偏离的方向(汇率的上升/下降),进行该货币对的买入下单或卖出下单。

[0158] 流程例2

[0159] 另一方面,与上述的流程例1不同,还能够设想对于货币对之间的汇率敏感应用所谓的旅行商问题的方式。

[0160] 此时的信息提供装置100关于具有敏感度的货币对的组,针对经由敏感度而连续相连的一连串的货币对分别执行以下的处理:推定对于构成该组的一个货币对的汇率变动敏感的另一个货币对的汇率。

[0161] 例如,如图12所示,关于USD/JPY与EUR/JPY之间,例如,USD/JPY的“Bid”的汇率变化率可计算为 $(111.442-110.724)/110.724=0.648\%$ 。另外,对其乘以敏感度“0.7”而得到的 $0.00648 \times 0.7 = 0.00453$,即0.453%成为EUR/JPY的“Bid”的汇率所产生的变化。因此,如图13所示,作为EUR/JPY的“Bid”的推定汇率,考虑当前的汇率“128.931”,能够将推定汇率计算为 $128.931 \times (1+0.00453) = 129.516$ 。信息提供装置100在EUR/JPY与USD/EUR之间也同样地执行这样的计算。

[0162] 然而,这样以从USD/JPY至EUR/JPY、从EUR/JPY至USD/EUR的顺序进行汇率的推定不一定是最佳的。另外,如上述的具体例那样,只要作为对象的货币对的数量有限就没有问题,但在作为对象的货币对的数量、对这些货币对的汇率造成影响的其他金融商品的数量庞大的情况下,对经由敏感度而相连的全部的连接进行处理是不现实的。

[0163] 因此,设为信息提供装置100为了确定以怎样的顺序在各种货币对之间进行汇率推定是最佳的,基于预定的伊辛模型1021进行基态的搜索。

[0164] 作为此时的伊辛模型1021设想以下的模型,该模型将USD/JPY和EUR/JPY这样的构成货币对组的各货币对中的汇率的增减事件设定为自旋,并将构成该组的货币对之间的敏感度设定为该自旋间的相互作用的强度。

[0165] 因此,如图14的流程例所示,信息提供装置100关于价格信息125所示的上述组中的一个货币对的实际汇率与针对该一个货币对基于与另一个货币对的敏感度而确定的推定价格之间的差异,计算在货币对各组中上述差异成为最小的伊辛模型1021的基态(s20)。

[0166] 即,通过搜索关于具有敏感度的货币对各组分别得到的推定汇率与实际汇率之间的差异(的总计)为最小的基态,进行最佳路径的搜索。

[0167] 信息提供装置100针对上述一个货币对,将实际汇率与在s20中得到的基态下的推定汇率之间的差异的信息(图15的画面1500)输出到用户终端200(s21),并结束处理。

[0168] 上述处理方式是一个例子,例如,也可以基于通过各种路径在一连串的货币对之间计算出推定汇率时的实绩(基于该偏离的信息的实际的投资成绩),来判定该路径的好坏,例如,生成敏感度的合计值大的路径的信息精度高这样的规则,基于该规则求解上述旅行商问题。

[0169] 以上,对用于实施本发明的最佳方式等进行了具体说明,但本发明并不限于此,在不脱离其主旨范围的情况下能够进行各种变更。

[0170] 根据这样的本实施方式,能够高效且高精度地推定与金融商品有关的信息。

[0171] 根据本说明书的记载,至少明确如下内容。即,在本实施方式的信息提供装置中,可以设为作为上述伊辛模型,上述运算部在存在多个上述自旋,并将上述金融商品之间的价格的敏感度设定为与各个上述自旋之间的相互作用的强度的模型中执行上述运算,针对上述金融商品中的至少任意1个金融商品,向预定装置输出与上述实际价格与上述推定价格之间的差异的程度有关的信息。

[0172] 由此,除了通过1个自旋推定的价格增减的方向以外,还能够推定价格增减的程度(实际价格与基态下的价格的差异)。并且,能够高效且更高精度地推定与金融商品有关的信息。

[0173] 另外,在本实施方式的信息提供装置中,可以设为作为上述伊辛模型,上述运算部对将上述金融商品中形成了组的各金融商品的价格增减事件设为自旋,并将形成了上述组的金融商品之间的价格的敏感度设定为上述自旋间的相互作用的强度的伊辛模型进行运算,向预定装置输出与上述组中的一个金融商品的实际价格与关于该一个金融商品基于与另一个金融商品的敏感度而确定的推定价格之间的差异有关的信息。

[0174] 由此,能够适当地应对将所谓的旅行商问题设想为伊辛模型的状况,进而,能够高效且更高精度地推定与金融商品有关的信息。

[0175] 另外,本实施方式的信息提供装置也可以是关于上述伊辛模型用于解决组合最优化问题的CMOS退火机。

[0176] 由此,能够通过使用了半导体的CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor:互补金属氧化物半导体)等元件的电路来模拟地再现伊辛模型的动作,在室温下高效地求出相互影响的金融商品价格的推定这样的组合最优化问题的实用解。并且,能够高效且更高精度地推定与金融商品有关的信息。

[0177] 另外,在本实施方式的信息提供方法中,可以设为作为上述伊辛模型,上述信息处理装置在存在多个上述自旋,并将上述金融商品之间的价格的敏感度设定为与各个上述自旋之间的相互作用的强度的模型中,执行上述运算,针对上述金融商品中的至少任意1个金融商品,向预定装置输出与上述实际价格和上述推定价格之间的差异的程度有关的信息。

[0178] 另外,在本实施方式的信息提供方法中,可以设为作为上述伊辛模型,上述信息处理装置对将上述金融商品中形成组的各金融商品的价格增减事件设为自旋,并将形成上述组的金融商品之间的价格的敏感度设定为上述自旋间的相互作用的强度的伊辛模型进行运算,向预定装置输出与上述组中的一个金融商品的实际价格与针对该一个金融商品基于与另一个金融商品的敏感度而确定的推定价格之间的差异有关的信息。

[0179] 另外,在本实施方式的信息提供方法中,可以设为上述信息处理装置是关于上述伊辛模型用于解决组合最优化问题的退火机。

[0180] 附图标记说明

[0181] 10 网络

[0182] 100 信息提供装置(退火机)

[0183] 101 存储部

- [0184] 102 程序
- [0185] 1021 伊辛模型
- [0186] 103 存储器
- [0187] 104 运算部
- [0188] 105 通信部
- [0189] 125 价格信息
- [0190] 126 敏感度信息
- [0191] 200 用户终端
- [0192] 300 金融信息分发系统。

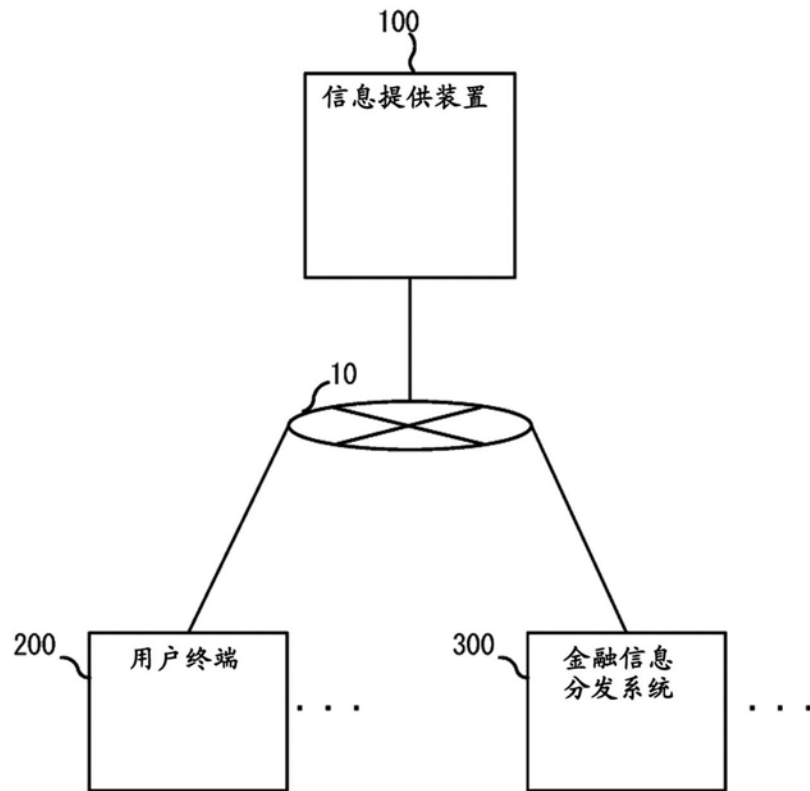


图1

观测开始时间点（假定在市场取得了均衡的状态）

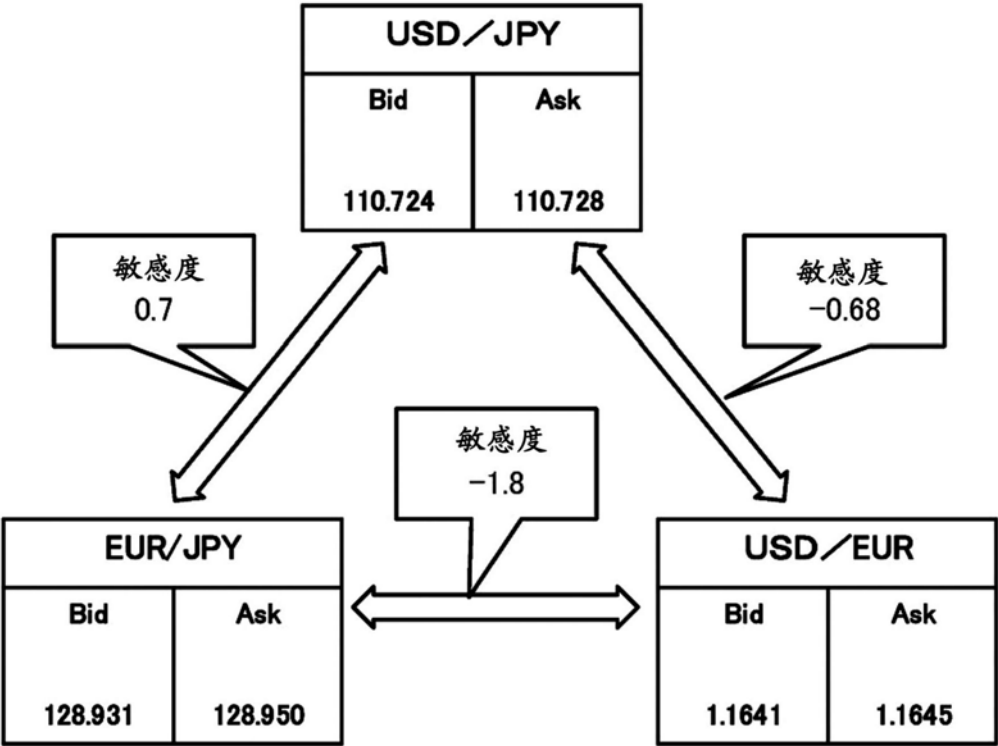


图2

经过一定时间后的实测值

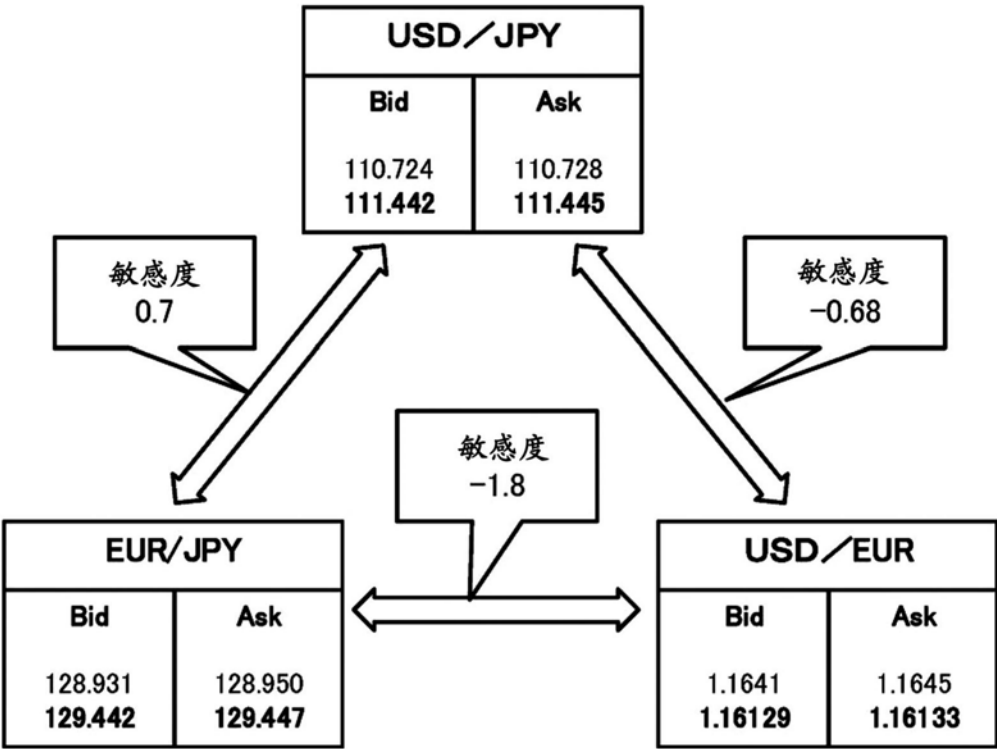


图3

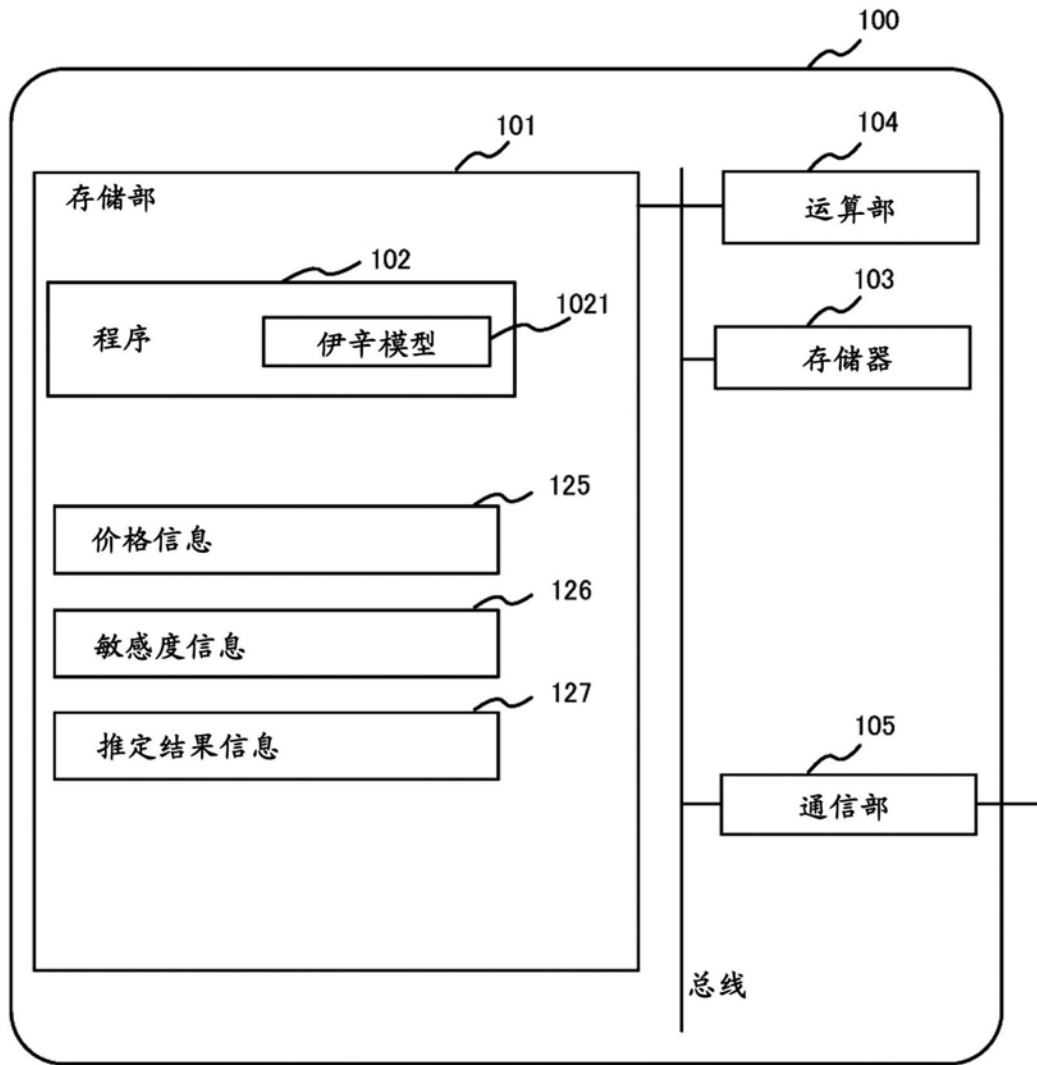


图4

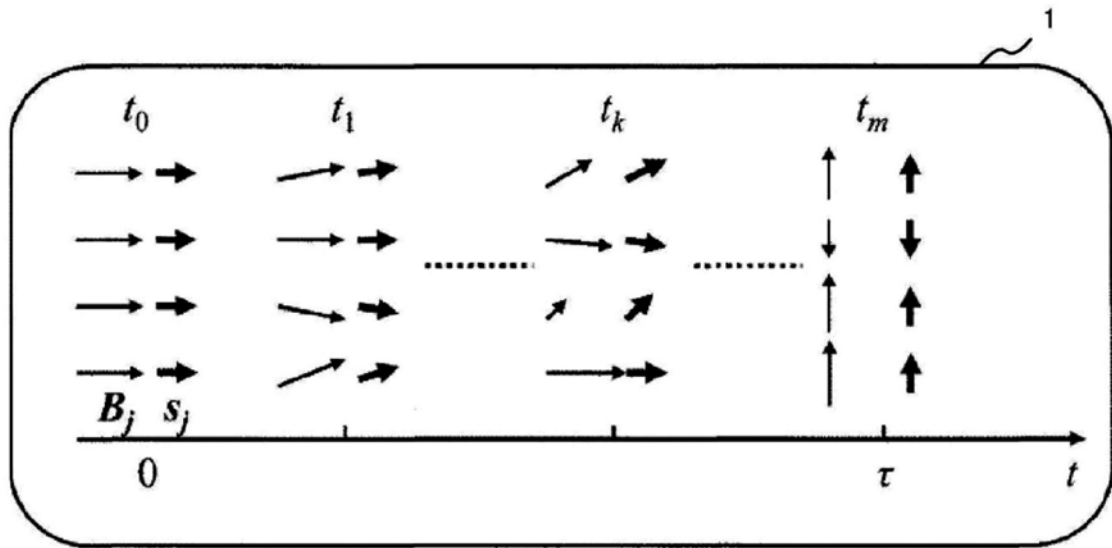


图5

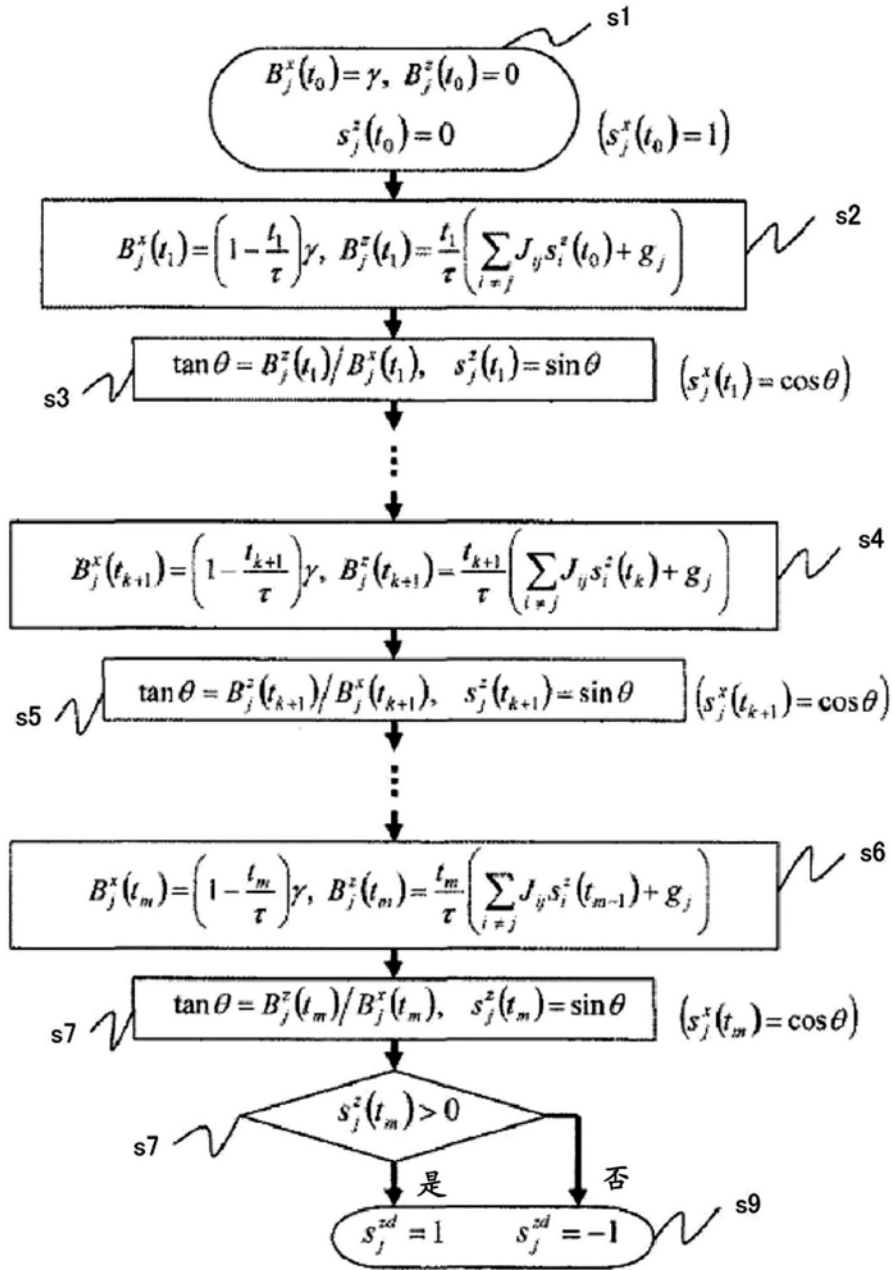


图6

价格信息

125



名称	对象 日期时间	实际价格	推定价格	...
USD/JPY	2018/10/22/ 10:00:10	Bid:110.724 Ask:110.728	Bid:110.442 Ask:111.445	...
	...	...	...	...
USD/EUR	2018/10/22/ 10:00:10	Bid:1.1641 Ask:1.1645	Bid:1.16129 Ask:1.16133	...
	...	...	...	...
EUR/JPY	2018/10/22/ 10:00:10	Bid:128.931 Ask:128.950	Bid:129.442 Ask:129.447	...
	...	...	...	...
纽约道琼斯 指数	2018/10/22/ 10:00:10	25317.31	25317.31	...
	...	...	...	...
TOPIX	2018/10/22/ 10:00:10	1650.15	1650.15	...
	...	...	...	...
...	...	...	...	...

图7

126

敏感度信息

对象组	敏感度
USD/JPY	0.7
EUR/JPY	
EUR/JPY	-1.8
USD/EUR	
USD/EUR	-0.68
USD/JPY	
USD/JPY	0.61
纽约道琼斯指数	
USD/JPY	0.55
TOPIX	
...	...

图8

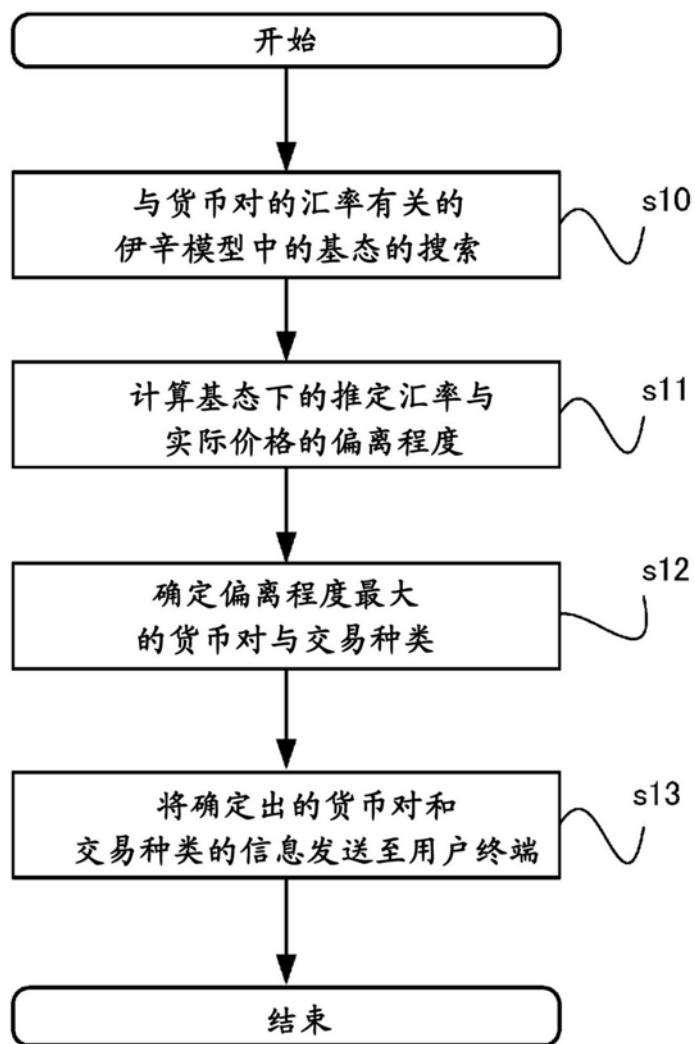


图9

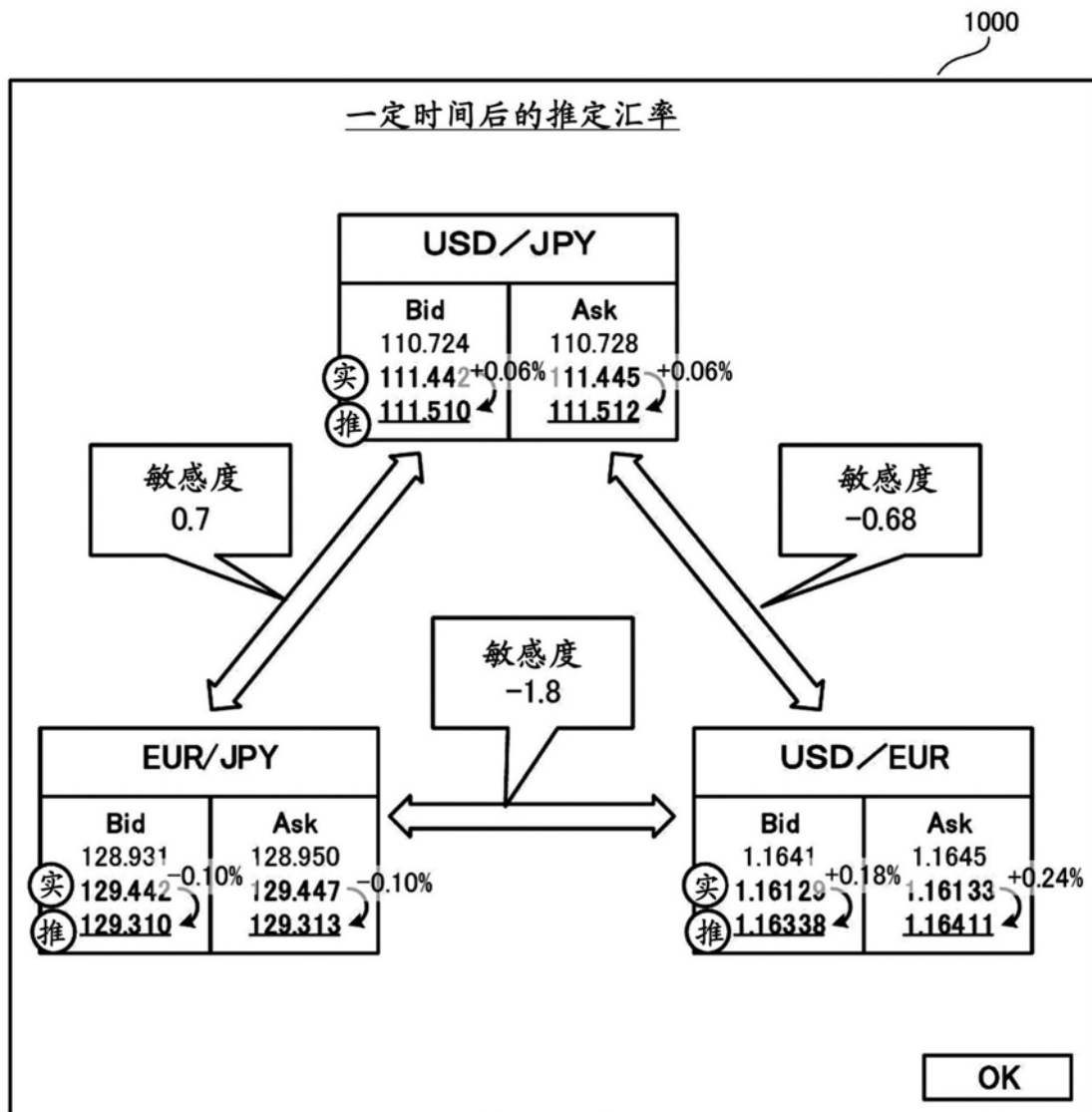


图10

1100

建议的货币对

• USD/EUR

• 交易种类: 空头

• 当前的汇率: 1.16133

• 推定汇率: 1.16411

• 预计的价格波动: 0.24%

OK

图11

根据USD/JPY的实绩推定EUR/JPY

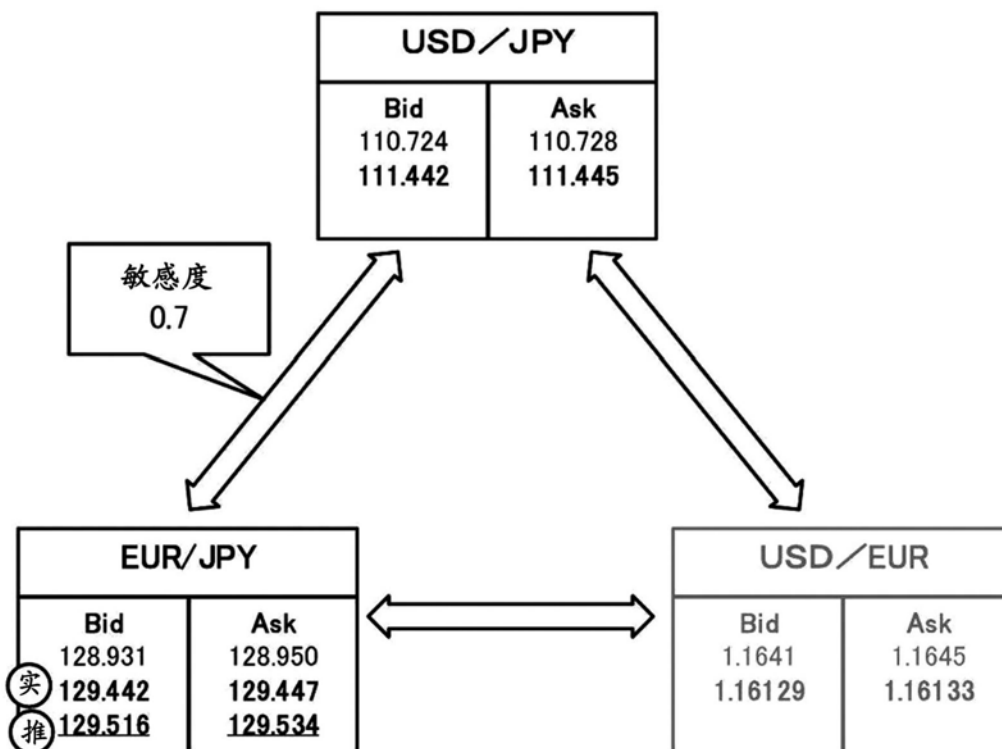


图12

对于EUR/JPY根据推定价格进一步推定USD/EUR

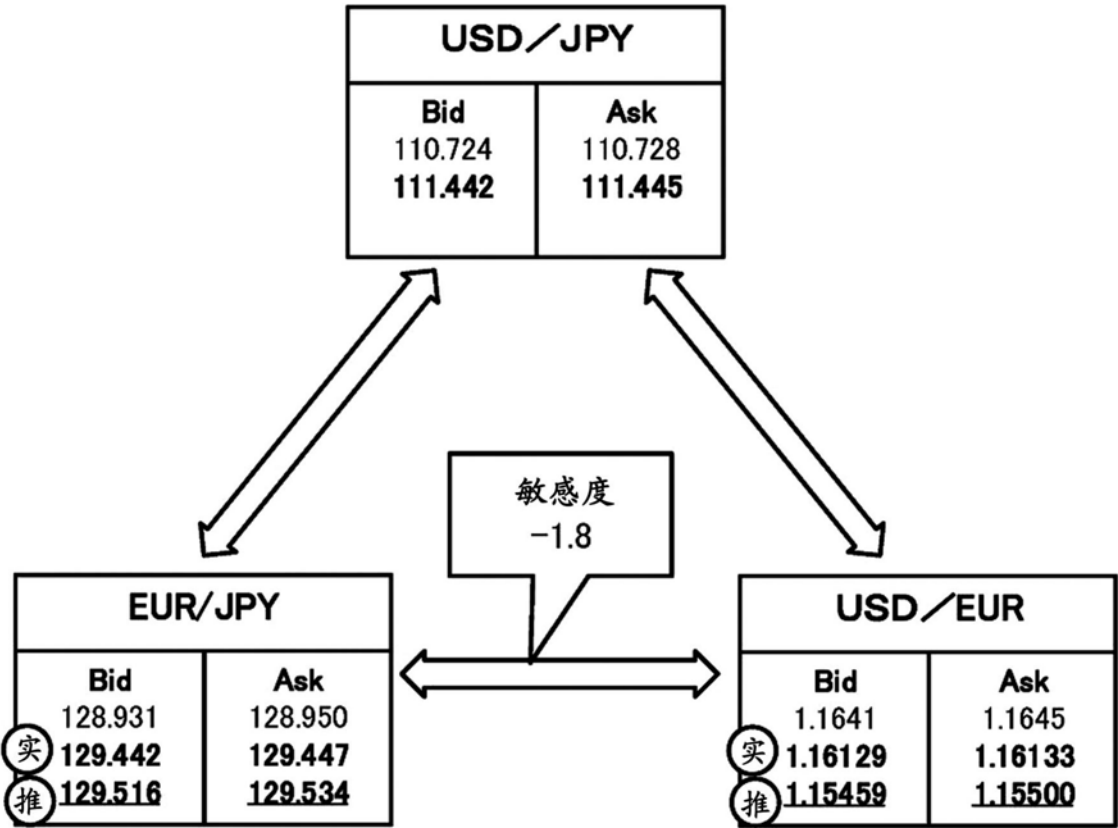


图13

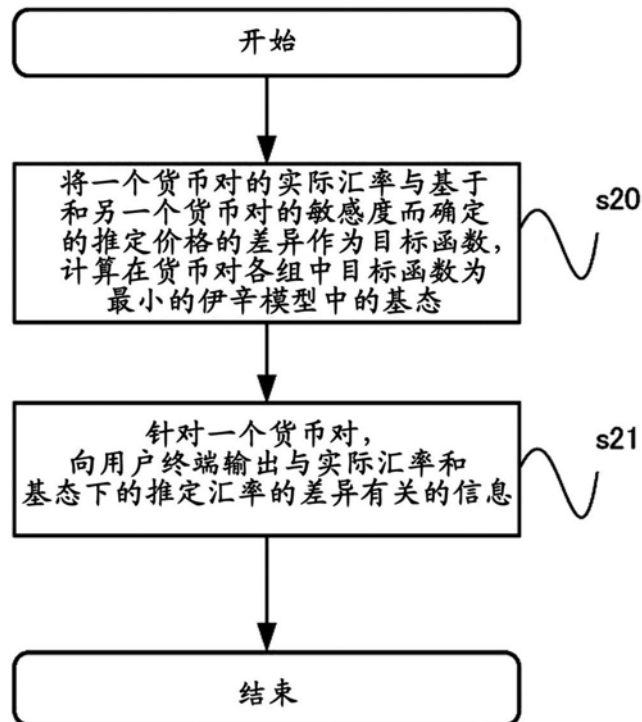


图14

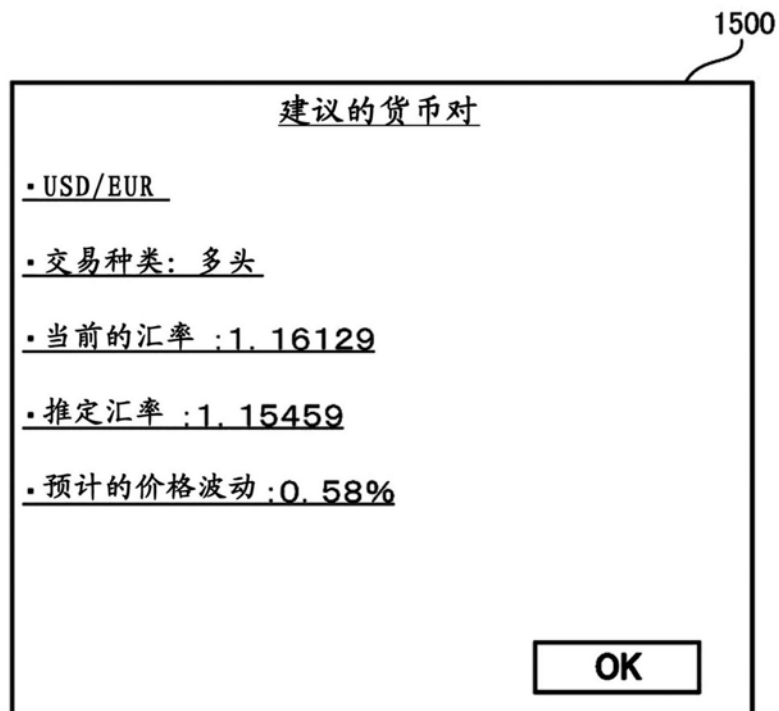


图15