

システム全体で同一の値に統一しておくものと仮定する。また、関数 $P_k(t)$ は、近傍ノード $k$ （ただし $k$ は $1 \sim N$ までとする）から受信した受信インパルス信号 $Spr11$ を表す。ここで $N$ は、自己が受信インパルス信号 $Spr11$ を受信可能な空間的距離範囲に存在する近傍ノードの総数を表している。関数 $R(\theta_i(t), \sigma(t))$ は、受信インパルス信号 $Spr11$ の入力に応じて自己の基本的なリズムを変化させる応答特性を表現する位相応答関数である。

$$d\theta_i(t)/dt = \omega + \sum_{k=1}^N P_k(t) \cdot R(\theta_i(t), \sigma(t)) \quad (1)$$

$$R(\theta_i(t), \sigma(t)) = \sin(\theta_i(t) + \sigma(t))$$

$$\sigma(t) = \pi + \phi(t)$$

$\theta_i(t)$  : ノード $i$  の位相信号

$\omega$  : 固有角振動数パラメータ

$P_k(t)$  : 近傍ノードから受信した受信インパルス信号

$R(\theta_i(t), \sigma(t))$  : 位相応答関数

$\phi(t)$  : ランダムノイズ関数

#### 【0054】

従来、上記のような非線形振動の計算を行う複数のノードが相互作用する系（結合振動子系）を扱う技術では、例えば、特開2002-359551号公報に開示されるように、近傍のノード同士が同相（振動の位相が一致する）になろうとする非線形特性を実現することによって所定の効果を達成する発明が多くなされてきた。

#### 【0055】

それに対して、本実施形態は、近傍のノード同士が逆相（振動の位相が反転位相の関係）になろうとする非線形特性を実現し、その特性を用いて衝突回避を行うものである。すなわち、本実施形態によれば、近傍のノード間における出力インパルス信号 $Sout11$ の発信タイミングが衝突しないような、適当な時間関係（時間差）が形成される。

#### 【0056】

そのため、本実施形態では、位相応答関数 $R(\theta_i(t), \sigma(t))$ として、式(1)に示す関数を用いている。式(1)において、関数 $\sigma(t)$ を表現する定数項 $\pi$  [rad]は、近傍のノード同士が逆相になろうとする非線形特性の働きをし、関数 $\phi(t)$ は、その非線形特性にランダムな変動性を与える働きをする。関数 $\phi(t)$ は、例えば、平均値が0のガウス分布等の確率分布に従ってノイズ（乱数値）を発生する関数である。ノイズの取り得る値の範囲は実験的に決定する。

#### 【0057】

ここで、上記非線形特性にランダムな変動性を与えているのは、システムが目的とする安定状態、すなわち、近傍ノード間において、それぞれの出力インパルス信号 $Sout11$ の発信タイミングが適当な時間関係を形成する状態（最適解）に到達せず、別の安定状態（局所解）に陥ってしまう現象に対処するためである。一般に、上記のようなシステムでは、最適解以外にも複数の安定状態（局所解）が存在する。システムが局所解に陥るのを防ぎ、最適解に到達させる手段として、ここではランダムな変動性を導入している。

#### 【0058】

上記の式(1)では、位相応答関数 $R(\theta_i(t), \sigma(t))$ の最も簡単な例としてsin関数を用いる形態を示したが、位相応答関数は他の種々の関数を用いて構成可能であることに注意されたい。また、関数 $\sigma(t)$ を表現する定数項 $\pi$  [rad]は、 $\pi$ 以外の定数 $\lambda$  [rad] ( $0 < \lambda < 2\pi$ )を用いても動作させることが可能である。ここで、 $\lambda \neq 0$  ( $0$ は $\pi$ の偶数倍である場合を含む)であることに注意されたい。 $\pi$  [rad]以外の定数を用いた場合、近傍のノード同士が逆相ではなく、異なる位相になろうとする非線形特性の働きが得られる。