

## 1 序論

周期自己相関関数が周期の倍数に一致するシフトを除く全てのシフトにおいて0になる周期系列は直交系列と呼ばれている。FrankとZadach[2]は良好な周期相互相関特性を持つ多相直交系列の集合を提案した。現在、この系列は“Frank sequences”と呼ばれている。

末広[4][5]はFrank sequencesに対する変調方法を提案した。この変調により得られる多相直交系列は“変調可能な直交系列”と呼ばれる。この変調方法により、多相直交系列が無数個与えられる上に、これらの多相直交系列はFrank sequencesが持つ周期相互相関特性を保持している。また、この変調方法により、特別な位相状態数を持つ直交系列の個数も大幅に増加する。例えば、周期16の4相Frank sequencesは2個存在するが、この変調方法によって周期16の4相直交系列は32個与えられる。

また、二つの系列の非周期自己相関関数の和が0シフトを除く全てのシフトで0であるとき、その二つの系列は相補系列と呼ばれる。相補系列はGolay[1]によって提案された。また、二組の相補系列において、一方の相補系列に属する一つの系列ともう一方の相補系列に属する一つの系列の非周期相互相関関数と一方の相補系列に属する他の系列ともう一方の相補系列に属する他の系列の非周期相互相関関数の和が全てのシフトにおいて0である場合、それら二組の相補系列は完全相補系列と呼ばれる。末広[3][6]は $N$ 差直交系列と呼ばれる系列から構成される完全相補系列を提案した。また、末広は完全相補系列の概念を周期系列に拡張し、彼の提案した変調可能な直交系列より構成される周期完全相補系列も提案した。

一方、末広[7][9]は、チャンネル間干渉が無く、マルチパスの影響も受けない近似同期セルラーCDMAシステムのアップリンクための信号設計法を提案した。この信号設計法においては、“基礎直交系列(Basic orthogonal sequences)”として末広の提案した変調可能な直交系列が用いられている。この信号設計法に従えば、同じセル(cell)内の他のユーザからのチャンネル間干渉は完全に無いが、近隣のセルにおいても同一の周波数の搬送波を使用する限り、近隣のセル内のユーザからの干渉を完全に除去することは不可能である。しかし、周期相互相関特性の良好な複数の多相直交系列を近隣のセルにそれぞれ基礎直交系列として割り当てることにより、近隣のセル内のユーザからの干渉を低減することが可能である。また、近隣のセル内のユーザからの干渉が比較的小さく、近隣のセルからの干渉を考慮する必要性が低い場合には、周期相互相関特性の良好な複数の多

相直交系列を符号語として各ユーザに割り当てることにより情報伝送効率を高めることが可能である。これらの観点から考えた場合、多数の多相直交系列の中から周期相互相関特性の良好な複数の系列を選択することが必要となる。すなわち、基礎直交系列として利用可能である特別な位相状態数を持つ多数の多相直交系列が存在することが必要である。

さらに、末広 [11] は完全相補系列を用いた、チャンネル間干渉が無く、マルチパスの影響も受けない近似同期セルラー CDMA システムのアップリンクのための信号設計法も提案した。この信号設計法においても、近隣のセルそれぞれに異なる周期完全相補系列を割り当てることにより、近隣のセル内のユーザからの干渉を低減することが可能である。また、近隣のセルからの干渉を考慮する必要性が低い場合には、一人のユーザに複数の周期相補系列を符号語として割り当て、同じ搬送波周波数を利用するもう一人のユーザには、すでに割り当てられた周期相補系列と周期完全相補系列を構成するような複数の周期相補系列を符号語として割り当てることによって情報伝送効率を増大させることが可能である。この信号設計法においても、多数の周期完全相補系列の中から、異なる周期完全相補系列に属する周期相補系列間の周期相互相関特性が良好であるような複数の周期完全相補系列を選択することが必要となる。すなわち、特別な位相状態数を持つ多数の周期完全相補系列が存在することが必要である。

そこで、本論文では、末広の変調方法に対する拡張を提案し、拡張の結果得られる系列が多相直交系列であることを証明する。本研究以前には、変調可能な直交系列に対する拡張法は発見されておらず、また、拡張可能であることも明らかにはされていなかった。さらに、提案された拡張によって得られる”拡張された変調可能な直交系列”間の周期相互相関特性を明らかにするために、拡張された変調可能な直交系列の分類法を提案し、その分類法に基づいて、拡張された変調可能な直交系列間の周期相互相関特性について検討する。その結果、Frank sequences 及び、変調可能な直交系列と同様に、この拡張において得られる系列も良好な周期相互相関特性を保持していることを証明する。この拡張法においても、末広の変調方法と同様に無限個の多相直交系列が与えられる。しかし、現実の通信方式への応用においては、位相状態数なるべく少ない系列が望ましいと考えられる。そこで、拡張された変調可能な直交系列に含まれる特別な位相状態数を持つ系列について検討する。末広の変調方法が特別な位相状態数を持つ直交系列の個数を増加させたのと同様に、

この拡張においても、特別な位相状態数を持つ直交系列の個数はさらに増加する。例えば、この拡張によって与えられる周期 16 の 4 相直交系列の個数は 96 である。

次に、拡張された変調可能な直交系列より構成される周期完全相補系列の構成法を示し、その結果得られる系列が周期完全相補系列であることを証明する。また、この周期完全相補系列を用いて、より周期の長い周期完全相補系列が構成可能であることを証明し、その構成法を提案する。

最後に、本論文において提案された、拡張された変調可能な直交系列及び、拡張された変調可能な直交系列より構成される周期完全相補系列の移動体通信方式への応用として、末広の提案した、チャンネル間干渉が無く、マルチパスの影響も受けない近似同期セルラー CDMA システムのアップリンクための信号設計法に対する応用について述べる。本論文では、現実の通信方式への応用を考慮して、周期 16 の 4 相直交系列及び、周期 16 の 4 相完全相補系列を検討の対象とし、近隣のセルからの干渉の低減及び、情報伝送効率の改善に対する応用について検討する。