

電気通信局外設備の機能特性を考慮した震後復旧支援システム

神戸大学工学部 正 高田 至郎 舞鶴高専 正 高谷 富也
上杉教育機器 正〇森岡 利明 横河工事 鱒本 和夫

1. まえがき

本研究は、既に開発した電気通信局外設備に対する震後復旧支援システム¹⁾において、電気通信局外設備の機能特性を考慮した復旧戦略策定および復旧作業管理支援システムの改良を行ったものである。初動体制支援システムでは、電話局間を結ぶ中継回線が複数の通信経路により接続されているという機能特性を考慮したネットワーク網の機能的連結性評価を行う。また、復旧戦略策定支援システムでは、被害箇所に関する情報およびネットワーク網の連結性に対する情報を入力とする分析型エキスパートシステムを用いた復旧順位・復旧方法の策定を行う。さらに、復旧作業管理支援システムでは、作業人員の配分問題に対していくつかの人員配分政策による復旧予測シミュレーションを行い、最適復旧人員配分に関する考察を行う。

2. ネットワーク網の機能的連結性評価

図-1は、ある都市における電話局間の中継回線のネットワーク網を示したもので、電話局をノード、中継回線をリンクと考え、図中の点線で示されたリンクが被害を受けた中継回線である。被害を受けた中継回線を復旧することによりネットワーク網全体の機能的復旧率がどの程度向上するかを算定する。図-2は、図-1の被害状態のもとで被害中継回線の閉塞・切り替えを行わない場合におけるリンク復旧によるネットワーク網の連結率の向上率を示したものである。また、図-3は被害中継回線の閉塞・切り替えを行う場合の向上率を示したものである。これらの図より、復旧してもネットワーク網全体の機能的連結率の向上に寄与しないリンクが存在し、閉塞・切り替えを行うことにより、リンクの向上率が変わっていることがわかる。

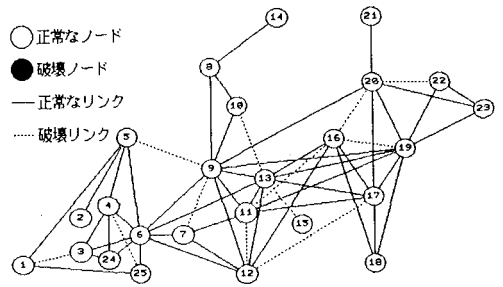


図-1 電話局間ネットワーク網

ところで、図-2および図-3では、各被害リンクを復旧することによる連結率の向上率を算定しているが、ネットワーク網における機能的連結率の向上率を算定する場合、i番目のリンクよりもj番目のリンクを先に復旧することにより、それに続く復旧リンクの向上率が変換ることがある。このため、全ての被害リンクに対して求めた向上率の一番大きいリンクを復旧し、残りの被害リンクに対して再び向上率を算定し、一番大きな向上率となる被害リンクを復旧するという手順で、逐次、残りの被害リンクに対して向上率を算定して被害箇所全体の復旧順位を決定する必要がある。このようにして復旧順位を算定したものを図-4に示しておく。なお、この結果は被害中継回線の閉塞・切り替えを行う場合に対するものである。この図より、復旧順位の1位から8位までを復旧すれば、ネットワーク網における機能的復旧率は100%になるため、9

復旧前の連結率 = 66.3% 【破壊リンクの復旧による連結率の向上】

復旧順位	番号	ノード間	破壊リンク	連結率%	向上率%
8	385	1~3	1, 5	68.2	1.9
11	389	4~25	13, 117	66.5	0.2
2	393	5~9	18, 35	74.3	8.0
4	402	7~9	29, 37	71.6	5.2
7	413	10~13	47, 64	68.5	2.2
10	215	11~12	50, 58	67.0	0.6
12	247	11~16	52, 73	66.3	0.0
1	153	12~17	61, 81	80.2	13.8
3	502	13~15	67, 72	71.7	5.3
2	403	16~19	78, 93	70.1	3.7
5	85	16~20	79, 100	70.1	3.8
9	67	20~22	104, 108	68.0	1.6

図-2 連結性評価 (閉塞・切り替え無し)

復旧前の連結率 = 80.3% 【破壊リンクの復旧による連結率の向上】

復旧順位	番号	ノード間	破壊リンク	連結率%	向上率%
4	385	1~3	1, 5	83.6	3.2
11	389	4~25	13, 117	80.5	0.2
3	393	5~9	18, 35	83.7	3.3
5	402	7~9	29, 37	83.4	3.0
9	413	10~13	47, 64	81.3	0.9
10	215	11~12	50, 58	80.9	0.5
12	247	11~16	52, 73	80.3	0.0
2	153	12~17	61, 81	85.0	4.7
7	502	13~15	67, 72	86.8	6.4
8	403	16~19	78, 93	81.4	1.0
6	85	16~20	79, 100	81.5	1.1
7	67	20~22	104, 108	81.5	1.1

図-3 連結性評価 (閉塞・切り替え有り)

位から後の被害箇所を急いで復旧する必要がないことを示していることがわかる。このことは、復旧作業人員が不足している場合には有益な情報を提供していることになる。

3. 作業人員配分政策

本研究では、図-5に示す被害箇所および復旧順位のデータに対して、復旧順位順、同時刻復旧、被害回線数の多い順、少ない順および動的計画法による5つの作業人員配分政策に対して復旧予測シミュレーションを行う。同時刻復旧による配分政策は、最も多い被害回線数を有する箇所の復旧必要時間より、他の被害箇所の作業人員を配分するものである。また、動的計画法における目的関数は、第*i*ステップにおけるネットワーク網の機能的復旧率 x_i (%)を用いて次式より算定される第*n*ステップまでの非累積復旧率²⁾の総和を表わす関数*S*を最小にするものとした。

$$S = \sum_{i=1}^n (100 - x_i) / 100 \quad \dots (1)$$

図-6は、路線技術者が足りている場合における図-5に示す復旧順位順の人員配分による復旧予測シミュレーション結果を示したものである。

表-1は、復旧開始24時間経過後の関数*S*の値を人員配分政策別に求めたものである。また、必要最低人員数を0人および10人とし、路線技術者に対する必要作業人員数が不足している場合(250人)のものである。なお、作業人員数が足りている場合には、同時刻復旧による配分政策を除けば、他の人員配分政策による違いはなく、関数*S*の値は10.331726となる。この表より、復旧戦略策定支援システムで決定された復旧順位による作業人員配分政策に対する関数*S*の値が一番小さな値となっており、復旧戦略策定支援システムにおける復旧順位決定が妥当なものであることがわかる。

また、必要最低人員数が設定されている場合の方が、設定されていない場合に比べて関数*S*の値は大きな値となっていることがわかる。一方、動的計画法による配分政策に対する関数*S*の値は、必要人員数が設定されているため、復旧順位順による配分政策のそれに比べて、必ずしも小さな値とはなり得ないことがわかる。

4. あとがき

本研究は、電気通信局外設備の機能特性を考慮したネットワーク網の機能的連結性評価を行い、路線技術者が不足する場合において、いくつかの作業人員の配分政策に対して非累積復旧率の面積の観点より最適作業人員配分に対する考察を行った。その結果、動的計画法を作業人員配分問題に適用する場合には、目的関数の設定等に関する何らかの工夫が必要であり、今後の課題と言える。

参考文献 1)高田 他：平成元年度関西支部年講，1-108，1989。 2)関谷 他：土木第44回年講，1-513，1989。

復旧前の連結率= 80.3%【破壊リンクの復旧による連結率の向上】

復旧順位	セグメント 番号	ノード間	破壊リンク	連結率%	向上率%
1	502	13~15	67, 72	86.8	6.4
2	153	12~17	61, 81	91.5	4.7
3	393	5~9	18, 35	94.1	2.5
4	385	1~3	1, 5	96.5	2.4
5	403	16~19	78, 93	97.8	1.3
6	67	20~22	104, 108	99.7	1.1
7	413	10~13	47, 64	99.7	0.4
8	402	7~9	29, 37	100.0	0.2
9	389	4~6	13, 117	100.0	0.0
10	215	11~12	50, 58	100.0	0.0
11	247	11~16	52, 73	100.0	0.0
12	85	16~20	79, 100	100.0	0.0

図-4 連結性評価 (閉塞・切り替え有り)

復旧順位	セグメント 番号	閉塞 回線数	切替 回線数	ケーブル 対数	路線 技術者数	交換 技術者数
1	502	1240	1500	2100	26	67
2	153	2450	1870	3500	37	74
3	393	2500	2100	3500	39	97
4	385	3000	2500	3500	39	107
5	403	1100	1500	1500	20	67
6	67	2100	1500	800	13	67
7	413	1000	1200	1600	21	55
8	402	1500	1900	2200	27	83
9	389	1500	1200	2800	32	55
10	215	1200	1700	1200	17	75
11	247	2200	2300	2600	30	99
12	85	1900	2000	1200	17	87
合計		21890	21070	26300	318	827

資材設備数リスト

重機材数	ケーブル材数	路線技術者数	交換技術者数
20	26300	400	1200

図-5 被害箇所データおよび復旧順位

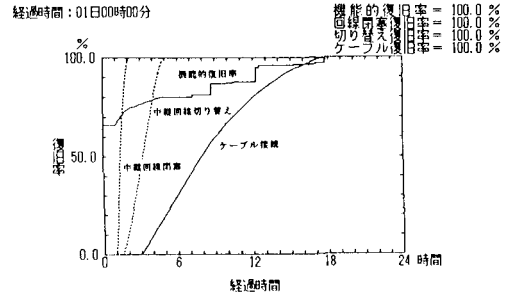


図-6 復旧予測結果 (復旧順位順)

表-1 非累積復旧率の面積 (路線技術者250人)

	必要最低人員数 (0人)	必要最低人員数 (10人)
復旧順位順	11.014641	11.096031
同時刻復旧	14.514413	-
被害回線多い順	11.861911	11.861911
被害回線少ない順	10.871819*	10.871819*
動的計画法	11.641031	11.854269

*24時間後において、機能的復旧率もケーブル接続作業も終了していない