

# サーバ室電力系統二重化による無停止運用と経過報告

## Redundant Electric Power System for Main Server Room

杉浦 徳宏<sup>†</sup> 伊藤 篤<sup>†</sup>  
Tokuhiro SUGIURA<sup>†</sup>, Atsushi ITO<sup>†</sup>

sugiura@cc.mie-u.ac.jp, itoa@cc.mie-u.ac.jp

<sup>†</sup> 三重大学総合情報処理センター  
<sup>†</sup> Center for Information Technologies and Networks, Mie University

### 概要

大学において、保守のための停電は避けられないものであるが、インターネットの普及によりネットワークの停止ができるだけ避けるべきものと認知されるようになってきている。特に、停電そのものは不可避であるものの、停電時に停電エリア以外についてネットワークが不通となるべき状態はできる限り避けるべきものである。また、サーバ室内において停電からの復電は、さまざまな障害が集中的に発生する引き金となるため、停電自体を排除できれば理想的である。これら二つの問題を解決し停電の影響を最小化するために、当センターの基幹サーバ室について、2つの異なる電気室から電力を引き込む電力系統の二重化と、保守点検方法を変更することで無停止運用を実現した。本発表では、その経緯と導入後の経過について報告するものである。

キーワード 無停止運用, 停電

### 1. はじめに

大学において、停電は避けられないものである。キャンパスネットワークにも保守が必要であるように、普段、なにげなく使っている電力系統ネットワークにおいても保守停止が必要であり、一部はより厳格に法的に定められている。また、電気室については電力容量増化のための工事停電なども、耐震改修工事の多数行われている昨今不可避のものとなっている。また、ごくまれに事故による停電が発生することがある。実際に2005年度にセンターの電気室で事故停電が発生し、大規模障害事案となった。しかし、一方でキャンパスネットワーク及びインターネットのコモディティ

化が進み、必須インフラとなったことによって、ネットワークの停止が困難な時代となりつつある。特に、停電しない箇所においてネットワークが不通となることは、できるだけ避けて欲しいとの声がよく聞かれる。また、センター内のコアスイッチや基幹サーバを設置しているサーバ室の停電について考えてみると、停電復旧時に障害が集中的に発生し、その対応に非常に苦慮していた。

これら諸問題に対し、停電エリアとネットワーク不通エリアの一致化と、電力系統二重化によるサーバ室の無停止化という取り組みによって、実質的に、停電によるネットワーク停止が顕在化しないように対策を行った。2008年度から現在まで無停止運用を継続して

おり、大変有効に機能している。以下では、その方策の具体的な説明と導入後の経過について報告する。

## 2. 停電の分類と要因

まず、停電はその影響範囲により大きく3種類に分けることができる。(1)全学停電、(2)電気室停電による部分停電、(3)低圧電気設備法定点検による建屋停電、である。

(1)全学停電は、電力会社の停電と学内の特高変電所の停電の2つの要因に分類できる。電力会社による停電要因としては、雷や事故、最近では電力不足による計画停電の可能性があげられる。特高変電所は、電力会社からの電力受け口となっており、学内の電気室による電力ネットワークの上位に位置し冗長性はないため、特高変電所の停電時には全学停電となる。いずれの全学停電の場合にも、雷等の短時間停電であればUPSにより耐えることが可能であるが、長時間にわたる場合には、発電機等の別電源を手配する以外に対策はない。ただし、基本的に定期的な停電は発生しないものと想定することができる。

(2)電気室停電による部分停電は、停電要因により計画停電と事故停電の2つに分類できる。計画停電では、年一回実施される定期的な受変電設備点検による停電と、電気室内工事による停電の場合がある。電気室内工事停電では、容量増化工事や、高効率トランスへの更新工事などがある。事故停電としては、猫や蛇の侵入による事故、浸水による事故、また、人為的な工事作業ミスによる事故などが過去に発生している。

(3)低圧電気設備法定点検による建屋停電では、建屋内の分電盤のブレーカーごとに下流側の絶縁測定を行うため、停電が発生する。年一回、定期的実施される。

以上により、大学内の一般的な箇所において停電は年間最低2回発生することになるが、(2)の受変電設備点検による電気室の停電と、(3)の低圧電気設備法定点検による停電を同日に設定することによって、停電発生を一回に抑えることができる。本学においては基本的にそのように計画され実施されている。

## 3. 停電の間接的影響

停電時には、間接的な影響を受ける場合がある。例えば、コアスイッチのあるセンターが停電になる場合には、全学においてキャンパスネットワーク及びインターネットが停止することになる。また、上流となるエリアの停電によって、停電とはならない下流のネットワークが間接的に不通となる場合もある。結果として、本学では、センター以外の場所については最低年2～3回のネットワーク不通状態が発生することとなっていた。

### 3. 1 センター外での間接的影響

ここで問題となるのは、停電対象ではないエリアについてネットワーク不通となることである。そこで、停電エリアとネットワーク不通エリアが一致するようにネットワークトポロジの改修を行ってきた。具体的には、電力の必要なスイッチ類による中継を避け、できるだけセンター内のコアスイッチと各建屋を光ファイバにより直結するよう変更を行ってきた。この改修によって、学内のほとんどの箇所において、センター停電時以外では、そのエリアの停電時のみネットワーク不通となることで実害が発生しないようになった。

しかし、センター停電時に、全学においてネットワーク不通となる問題については、対策が取られないままであり、インターネット時代が進むにつれて、この問題が大きくクローズアップされることとなってきた。

### 3. 2 サーバ室内での間接的影響

キャンパスネットワーク用のコア装置類及び基幹サーバ類は、センター内のサーバ室に集約して設置されている。従来、停電時には発電機などによる電源確保は行わず、すべての装置類はUPS連動によって自動停止し、復電後、自動復旧する形態をとってきた。なお、どちらの場合も基本的に立会はない。しかし、近年の装置類の増加によって自動復旧時の障害が頻発するようになり、その対処に非常に苦慮することとなってきた。実際に発生する障害内容は、ハー

ドディスク故障，電源故障，ファン故障，UPS のバッテリー不良など，日常的にも発生する頻度が高いものである。これらの問題は，連続運転時よりも起動時，特にコールドブート時に問題が発生する可能性が高く，それが年一回の停電復電時に集中することでより大きな問題となって現れる。さらに，停電はその影響が小さくなるよう土日などの休日に設定されているため，障害が発生した場合には休日出勤するか，もしくは，休日出勤したとしても対応する業者側も休みであることが多いため，結局月曜日までなすすべがないという状況が発生し，障害継続時間が非常に長くなる傾向があった。

## 4. 無停止化への取り組み

3章で述べたように，学内について停電時には停電エリアのみネットワークが不通となるという停電影響の最小化状況を達成し，また，サーバ室の停電復旧時の障害発生時の顕在化を解消するためには，根本的にサーバ室の停電が発生しないようにできれば理想的である。サーバ室の停電は，2章で述べたとおり，電力供給元である電気室の停電によるものと，低圧電気設備法定点検による停電の2つに要因によって発生する。通常これらは同日に行われるため，年間の定期停電回数は一回である。これら2点についてそれぞれ電力を無停止とすることができれば，サーバ室の無停止運用が可能となる。以下，それぞれについて無停止化の方策を述べる。

### 4. 1 電気室停電対策（電気室の二重化）

2005年度にセンターの電気室で漏電事故が発生し，平日昼間長時間にわたってセンターが停電となる大規模障害が発生した。事故発生直後は全学停電していたものの，すぐに復旧し，問題となっていたセンターの電気室のみ停電が継続したことで，よりセンターの停電の影響が浮き彫りとなった。この事故を機に，危機管理として再発防止策を講じるべき，という声が学内からあがり，実現可能な方法を検討することとなった。まず，一般的な方法として停電時にはレンタル発電機

によって電源を確保する方法が考えられるが，即時調達できるわけではなく突発的な事故に対応することができない。次に，自家発電装置の導入についても，初期導入費及び継続的なメンテナンスが必要である等，実現が容易ではないことがわかった。そこで，最終的に，従来の電気室（メイン電気室と呼ぶ）に加えて，もう一つ別の電気室（サブ電気室と呼ぶ）から電力を引き込み，必要に応じて切り替えるという電力系統二重化を実施することにした。

具体的な工事内容について，図1に系統図を，図2に切替BOX内の全体写真を示す。図1のとおり，200V（三相三線式）100Aを2系統（1系統は空調用），同75Aを2系統，100V（単相三線式）100Aを1系統の計5系統について，ダブルスローと呼ばれる切替機とブレーカーが設置されている。実際に，サブ電気室から引いた電線は，200V系，100V系それぞれ3本の計6本である。工事費は約450万円であった。尚，この仕組みにおいて，ランニングコストは全く不要である。

ネットワーク停止による直接及び間接的損失を計上することは困難であるため，具体的な費用対効果を計算することは困難ではあるが，仮に発電機によって無停止を実施する場合には，当センターの場合，レンタル費用は約30万円/日であるため，15回の停電で費用を回収できることになる。

### 4. 2 低圧電気設備法定点検による停電対策

次に，低圧電気設備法定点検による停電対策について検討を行った。この点検は建屋の分電盤内のブレーカー直下において絶縁抵抗を計測するもので，この際にブレーカーを落とすことによって発生するものである。この作業は，従来，建屋単位でまとめて行われていたため，建屋全体の電力を停止し数時間の停電として実施されてきた。しかし，実際には一つのブレーカーあたり十数秒で検査が完了するため，建屋ごと停電させる必要はない。十数秒間であれば，十分にUPSによって電源供給が可能であるため，点検実施方法を変更することで，実質的に無停止とすることが可能である。

### 4. 3 停電時の運用

実際に、計画停電が実施される場合の作業について説明する。電気室の停電については、ほぼ土日に設定されているため、金曜日までに電力システムをサブ電気室に切り替え、月曜日にメイン電気室に戻す作業を行う。実際の切り替え作業は、分電盤側ブレーカーを遮断、切替機によるサブ側への切り替え、ブレーカー通電の順に行う。この作業は数秒以内で実行可能であり、その間は電力供給が断たれることになるが、UPSによって電力供給されることで無停止運用を続けることが可能である。

低圧電気設備法定点検は、従来休日に実施されていたものを平日昼間に設定し、点検作業に当センタースタッフが立ち合いながら順にブレーカーを落とし、点検作業を進めていく。

### 5. 効果と経過報告

2008年度から無停止運用を開始し、2011年8月現在3年以上が経過したが、引き続き無停止運用を継続している。この3年間において、メイン電気室について3回の定期停電以外に7回もの工事停電があった。また、2009年に特高変電所の30時間にわたる計画停電があったが、この際には発電機を利用した。施設部によると、特高変電所は15年に一回程度、保守のため定期的に停電するとのことであったが、2010年に大規模改修工事を行い、今後この定期停電は発生しないとのことであった。

電力システムの切替作業について、前述のとおり、数秒の停止にて切り替えを実行することが可能であるが、UPSのバッテリー不良発見のため、意図的に15~20秒程度停止させるようにしている。これは、電力無停止運用を継続したことによってUPS自体の不良が発見し難くなっており、落雷や配線変更などのために短時間停電した際に、UPS不良が発見されるということがしばしば起こったためである。UPSには、バッテリーの自己診断機能が備わっているが完璧ではなく、問題の早期発見のためには、実際に負荷試験を行うことも必

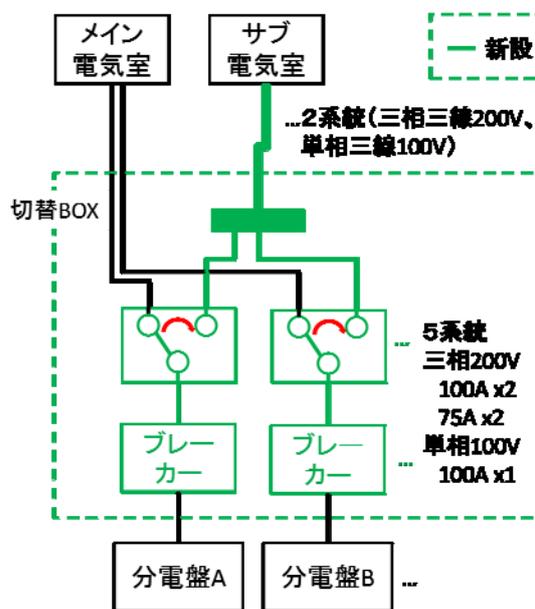


図1. 電気室切替器系統図



図2. 電気室切替 BOX

要であると考える。

また、従来、不定期に行われる工事停電は、連絡を受けてから実施までの猶予が短い場合が多く、担当する施設部や学内との調整に大変苦慮する場合があったが、二重化後は気軽に停電に応じられるようになり、非常に円滑に工事停電を進めることが可能となった。

## 6. まとめ

本発表では、キャンパスネットワークの継続運用という観点から、大学における停電とその間接的な影響について明らかにした。次に、停電による影響を最小化するためには、停電エリアとネットワーク不通エリアを一致させることが必要であり、そのためには、まずネットワークのトポロジを変更し、学内の各電気室の停電によって、間接的な不通状態が発生しないようにした。次に、キャンパスネットワーク及びインターネットの停止を引き起こすセンターの基幹サーバ室について無停止運用ができるよう対策を行った。具体的には、電気室停電対策として、2つの電気室から電力を引き込み切り替え可能とする電力系統の二重化工事を行った。また、低圧電気設備法定点検による建屋停電対策として、点検実施方法を見直すことで停止時間を十数秒に抑え、UPSによるバックアップによって無停止運用を可能とした。以上により、サーバ室については完全無停止運用が可能となり、その結果、学内の各所についても、基本的に年一回の停電が発生するだけで、見かけ上ネットワークの停止は発生しないという最小化状態を実現できた。また、サーバ室については、停電復電時に顕在化していたトラブルが分散されることで、大幅な負担軽減となった。

## 謝辞

本件を実現するにあたり、本学施設部施設管理チームの宮崎典氏を始め同チームの諸氏には多大なるご尽力をいただき、深く感謝する。