

CALS/EC による連絡所要時間短縮効果

Shortening Effect of Correspondence Time by CALS/EC

日本大学 島崎 敏一*

By Toshikazu SHIMAZAKI*

建設省は、2004年から直轄工事の施工を建設CALS/ECによって行うとしている。そのため、土木学会、日本土木工業協会など土木関係の各種団体でも、CALS/ECに関する多くの研究が行われている。そのような研究報告書や他の多くの一般書でも、CALS/ECの効果について、定性的にはその有効性が強調されている。しかし、建設CALS/EC導入による定量的な効果については、ほとんど研究がなされていない。CALS/ECシステムの導入が建設業界にとっての急務であるにもかかわらず、現実には、特に中小企業においてはあまり進んでいないというのも、これが、その原因の1つと考えられる。建設CALS/ECの導入効果という場合、非常に多くの側面があるが、本研究では、定量的研究の第一歩として、従来の電話による連絡と電子メールによる連絡を比較して、連絡所要時間の短縮効果について解析をする。その結果、電子メールによる連絡の所要時間短縮効果を定量的に示すとともに、それが効果的な状況を明らかにした。

【キーワード】CALS, マネジメント論, 工程管理

1. はじめに

アメリカでCALSがはじめて提唱されてから、すでに12年経過し、日本でCALSに関する検討が始まってからでも7年が経ようとしている(表-1)。この間、CALSのあらわす名前も4回変わっている。初めは、アメリカ国防総省が提唱したComputer Aided Logistics Supportであったが、その後、なるべく、軍事色を薄める方向での略称になってきており、Computer-Aided Acquisition and Logistics Support, Continuous Acquisition and Life-cycle Supportと変わり、4回目の現在は、Commerce At Light Speedの略であるとされているが、実は、この言葉はあまり使われていない。CALSの定義については、公式なものは無いが、ネットワークによる電子的なデータの交換、ペーパーレス化、データの再利用、共有化などが、最大公約数的な内容であると考え

られる。この点で、2回目の名前のComputer-Aided Acquisition and Logistics Supportが最もよくその内容を表わしていると考えられるが、最近は軍事色を薄めるということも考慮して、Electronic Commerceという言葉を加え、CALS/ECと呼ばれることが多い。

日本においても、建設省は、2004年から直轄工事の施工を建設CALS/ECによって行うとしている¹⁾。そのため、建設省²⁾、土木学会³⁾、日本土木工業協会⁴⁾など土木関係の各種団体でも、CALS/ECに関する多くの研究が行われている。このような研究報告書では、CALS/ECの効果について、定性的にはその有効性が強調されている。定性的な効果の指摘については、その他多くの一般書においてもなされている^{5), 6)}。

しかしながら、建設CALS/EC導入による定量的な効果については、ほとんど研究がなされていない。CALS/ECシステムの導入が建設業界にとっての急務であるにもかかわらず、現実には、特に中小企業においては、あまり進んでい

* 理工学部土木工学科 03-3259-0989

shimazak@civil.cst.nihon-u.ac.jp

表－１ 日本でのＣＡＬＳ／ＥＣのあゆみ

1991年4月	日本電子工業振興協会(J E I D A)にＣＡＬＳ研究会発足
1994年5月	通産省「高度情報化プログラム」
1994年6月	「ＳＴＥＰ推進センター」発足(J S T E P)
1994年12月	総務庁「行政情報化推進基本計画」発表，閣議決定
1995年2月	通産省・郵政省「高度情報通信社会推進に向けた基本方針」発表，閣議決定
1995年5月	通産省「ＣＡＬＳ推進協議会(C I F)」 「ＣＡＬＳ技術研究組合(N C A L S)」設立
1995年5月	郵政省「郵政事業における高度情報化調達システムの導入に関する調査研究会」発足
1995年5月	建設省「公共事業支援東郷情報システム研究会」発足
1995年6月	日本土木工業協会「ＣＡＬＳ検討ワーキンググループ」
1995年6月	防衛庁「防衛庁ＣＡＬＳ委員会」発足
1996年1月	W T O政府調達協定の発効
1996年2月	日本建設情報総合センター(J A C I C)内に建設ＣＡＬＳセンター設置
1996年4月	建設省「建設ＣＡＬＳ／ＥＣ整備基本構想」策定
1996年5月	土木学会建設マネジメント委員会マネジメント技術小委員会でＣＡＬＳの研究開始
1996年5月	防衛庁「取得改革委員会ＣＡＬＳ作業部会」発足
1996年5月	港湾空港建設技術サービスセンター「港湾ＣＡＬＳ研究会」
1996年11月	「公共工事におけるＣＡＬＳ／ＥＣ推進連絡協議会」発足
1997年7月	建設省「建設ＣＡＬＳ／ＥＣアクションプログラム」発表

ないというのも、これが、その原因の1つと考えられる。

建設ＣＡＬＳ／ＥＣ導入の効果という場合、非常に多くの側面がある。そこで、本研究では、定量的研究の第一歩として、従来の電話による連絡と電子メールによる連絡を比較して、連絡所要時間の期待値の短縮効果についてモデル化し、解析をする。

2. 施工過程における連絡状況のモデル化

(1) モデル化の仮定

工事の施工段階には、多くの当事者および多くの業務がある³⁾。その関係者については、発注者、監督官庁、公共企業、審査・情報機関、受注者などがあり、その受注者にはさらに、本支店、現場事務所、協力業者、資機材業者などがある。また、業務内容については、揭示、指示、協議、承諾、提出、通知・報告、立会、審査、検査、支払などがある。ここでは、もっとも単純な場合を考えて、受注者が発注者に対して立会の依頼をする場合を想定する。この場合、情報の流れは、(1)受注者が発注者に日時を指定して依頼する。(2)発注者の都合がよければ了承するという2段階になる。このタイプで、表現される業務はその他にも多く

ある。また、上の例で発注者側の都合が悪い場合など、複数回のやり取りをする必要がある場合にも拡張する。

連絡の方法については、従来型の電話によるものについて、相手が不在の場合、折り返し電話するように頼む従来型Ⅰと相手が不在のときには、また後からかけ直す従来型Ⅱ、電子メールによるＣＡＬＳ／ＥＣ型の3タイプを考える。

ここで、次の仮定を置くが、これらはいずれも自然な仮定であると考えられる。

(a) 席にいればすぐに、電子メールの場合には読み、電話の場合には取る。

(b) 電子メールでも電話でも、相手が席にいれば、その後何度でもやり取りができる。これは、電話の場合であれば、続けて話をするができることを仮定しているものであり、電子メールの場合には、返信に要する時間が0であり、返信がくるまで席を離れることはないという仮定に等しい。

(c) 発注者側担当者が席にいない確率は p_o であり、受注者側の担当者が席にいない確率は p_o である。

(d) 発注者側の担当者が席にいなかった場合に席に戻るまでの時間の期待値は t_o であり、受注者

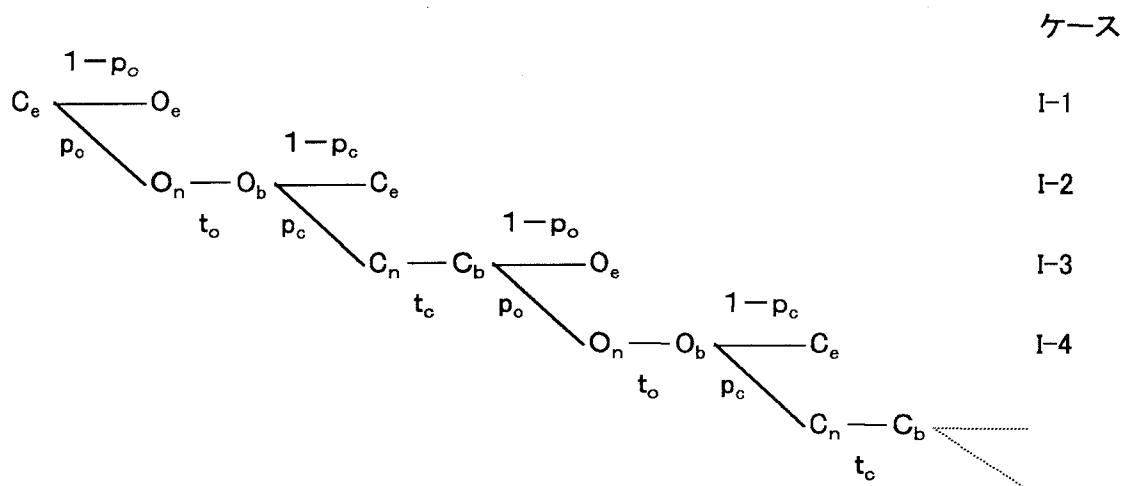


図-1 従来型Iのイベントツリー

側の担当者が席にいなかった場合に席に戻るまでの時間の期待値は t_e である。席に戻るまでの時間の期待値については、厳密には計測をしてその分布を求める必要があるが、信頼性理論では、システムを構成するユニットの数が大きくなれば、システム全体の寿命は指数分布になることが証明されている^{7, 8, 9)}。席を離れていることが通常の状態と考えれば席に戻ることは寿命がきた状態と考えられその時間は指数分布を仮定できる。したがって、将来、分布の計測ができれば、指数分布を仮定して、期待値を求めることができるが、ここでは、席に戻るまでの時間の期待値そのものが与えられていると仮定する。また、席にいない確率 p と席に戻るまでの時間の期待値 t の間にも関係があるが、これも分布による。したがって、 p についても確率そのものを仮定することにする。

(e) 従来型 I I の場合に、再びかけ直すまでの時間間隔は、 t_r であるとする。

以上の仮定のもとで、イベントツリーによって解析するが、その時、イベントをあらわす記号を次のように定める。

C : 受注者の行動

O : 発注者の行動

添え字については、次のように定める。

e : 席にいて、直ちに電話または電子メールで返信する。なお、最初のイベントについては、電話または電子メールで連絡を取ろうとすることと考える。

n : 席にいない。

b : 席に戻り、直ちに電話または電子メールで返信する。

(2) 電話連絡による従来型 I (折り返し連絡)

この場合には、まず、受注者が連絡を取ろうとするが、もし、発注者がいれば連絡が取れたことになる。その確率は $1 - p_o$ であり、所要時間は 0 である。しかし、確率 p_o で発注者は不在であり、その場合は、帰ってきたら電話してくれるように頼むことになる。その後、発注者が席に帰ってきて受注者に電話をしたときにも受注者は席にいる場合と不在の場合がある。この過程は連絡が取れるまで無限に続くことになる。これをイベントツリーであらわせば、図-1 のようになる。なお、図中にあるケースとは何ステップ目で連絡が取れたかをあらわす。

なお、この電話による従来型 I の場合には、一度相手に連絡できれば仮定(b)により、何度でもやり取りをすることが可能であり、複数回のやり取りが必要な場合も同じイベントツリーで表現できる。

(3) 電話連絡による従来型 I I (受注者側からのみ繰り返し連絡)

この場合にも、まず、受注者が連絡を取ろうとするが、もし、発注者がいれば連絡が取れたことになる。その確率は $1 - p_o$ であり、所要時間は 0 である。しかし、確率 p_o で発注者は不在であり、この場合には、また、 t_r 後にかけ直すこと

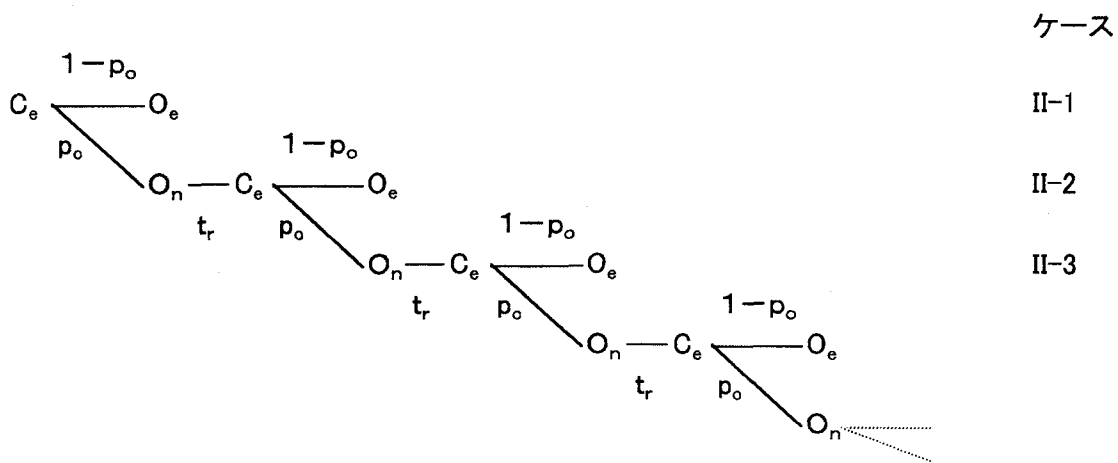


図-2 従来型IIのイベントツリー

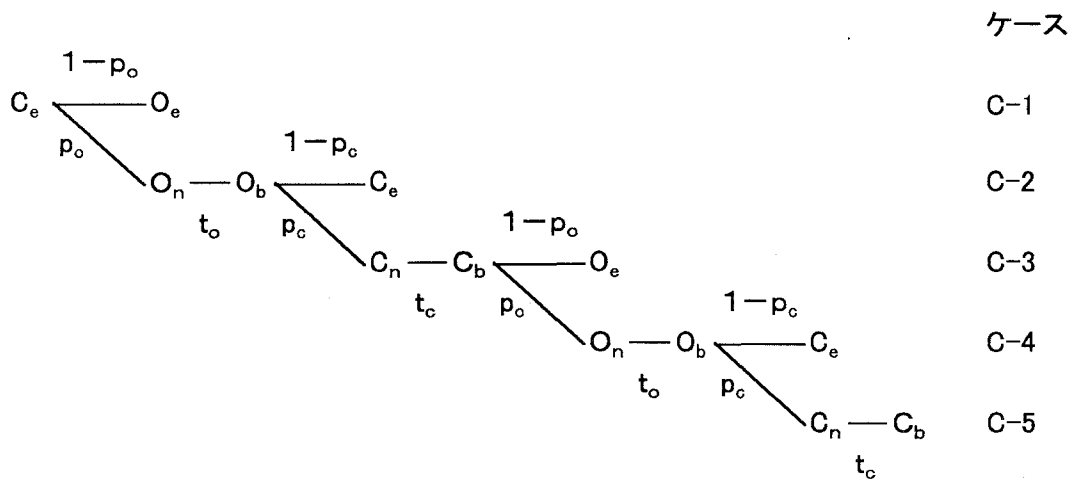


図-4 CALS型(2往復)

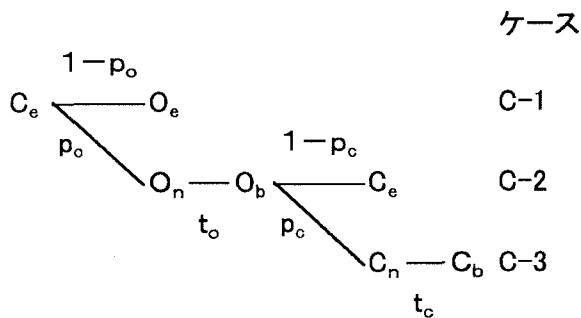


図-3 CALS型(1往復)

になる。これをイベントツリーであらわせば、図-2のようになる。この場合のケースの意味も上と同じである。

なお、この電話による従来型IIの場合にも、一度相手に連絡できれば仮定(b)により、何度でもやり取りをすることが可能であり、複数回のやり取りが必要な場合も同じイベントツリーで表現できる。

(4) 電子メールによるCALS/EC型

CALS/EC型の場合には、まず、受注者が連絡を取ろうとして電子メールを送る。その時、発注者が席にいれば、直ちに返信をするが、その確率は $1-p_o$ で所要時間は0である。確率 p_o で不在の場合には t_o 後に席に戻ってから直ちにメールを読み、返信する。このとき、受注者が席にいれば、そこで連絡が終わるが、いない場合には、席に戻って電子メールを読んだときに連絡が終わる。これを、イベントツリーであらわせば、図-3のようになる。

複数回のやり取りが必要な場合については、たとえば、2往復のやり取りが必要な場合のイベントツリーは図-4のようになる。以下、それ以上の回数のやり取りが必要な場合については省略するが、同様のイベントツリーを書くことが可能で

表-2 従来型Iの確率と所要時間

ケース	確率	所要時間
I-1	$1 - p_o$	0
I-2	$p_o \cdot (1 - p_c)$	t_o
I-3	$p_o \cdot p_c \cdot (1 - p_o)$	$t_o + t_c$
I-4	$p_o \cdot p_c \cdot p_o \cdot (1 - p_c)$	$t_o + t_c + t_o$

表-4 従来型IIの確率と所要時間

ケース	確率	所要時間
II-1	$1 - p_o$	0
II-2	$p_o \cdot (1 - p_o)$	t_r
II-3	$p_o^2 \cdot (1 - p_o)$	$2 \cdot t_r$

表-3 従来型Iの確率と所要時間の一般式

一般式	確率	所要時間
ケース番号が2n+1の場合	$(p_o \cdot p_c)^n \cdot (1 - p_o)$	$n \cdot (t_o + t_c)$
ケース番号が2nの場合	$p_o \cdot (p_o \cdot p_c)^{n-1} \cdot (1 - p_c)$	$(n-1) \cdot t_c + n \cdot t_o$

表-5 従来型IIの確率と所要時間の一般式

一般式	確率	所要時間
ケース番号がnの場合	$p_o^{n-1} \cdot (1 - p_o)$	$(n-1) \cdot t_r$

ある。

3. 施工過程における連絡所要時間の期待値

(1) 電話連絡による従来型 I（折り返し連絡）

図-1のイベントツリーで示される各ケースの生起確率とその時の連絡所要時間は、はじめの数回については、表-2で示されるとおりである。この場合には、これ以降この過程が連絡がつくまで無限に繰り返される。生起確率と連絡所要時間の一般形は、ケース番号の偶奇により表-3のように表される。総連絡所要時間の期待値は、生起確率と連絡所要時間の積の $n=0$ から ∞ までの和を取れば求められ、次式(1)となる。

$$\frac{p_o \cdot (t_o + t_c \cdot p_c)}{1 - p_o \cdot p_c} \dots\dots\dots (1)$$

なお、前にも述べたとおり、電話の場合には1度連絡が取れれば継続して話をするので、やり取りが何往復必要でもこの期待値は変わらない。

(2) 電話連絡による従来型 II（受注者側からのみ繰り返し連絡）

図-2のイベントツリーで示される各ケースの生起確率とその時の連絡所要時間は、はじめの数回については、表-4で示されるとおりである。この場合にも、この過程が連絡がつくまで無限に繰り返される。生起確率と連絡所要時間の一般形は、ケース番号により表-5のように表される。総連絡所要時間の期待値は、生起確率と連絡所要時間の積の $n=1$ から ∞ までの和を取れば求められ、次式(2)となる。なお、この場合も、やり取りが何往復必要でもこの期待値は変わらない。

$$\frac{p_o \cdot t_r}{1 - p_o} \dots\dots\dots (2)$$

折り返し連絡を頼まずに、一方的にかけ直すこのケースでは、総連絡所要時間の期待値は、式(2)からもわかるとおり、繰り返し電話をする時間間隔による。これは、電話をする方が制御できる値なので、あまり問題とはならない。したがって、今後は、このケースについては検討しない。

(3) 電子メールによるCALS/EC型

図-3のイベントツリーで示される各ケースの生起確率とその時の連絡所要時間は、1往復で連絡が終わるのであるから、表-6で示されるとお

表-6 CALS型の確率と所要時間

	確率	所要時間
C-1	$1 - p_o$	0
C-2	$p_o \cdot (1 - p_c)$	t_o
C-3	$p_o \cdot p_c$	$t_o + t_c$

りである。総連絡所要時間の期待値は、生起確率と連絡所要時間の積をこの3ケースについて和を取ればよいから、次式(3)となる。

$$p_o \cdot (t_o + t_c \cdot p_c) \dots\dots\dots (3)$$

なお、2往復以上の連絡が必要な場合には、同様に計算をすれば、総連絡所要時間の期待値の一般式は次式(4)ようになる。ここで、nはやり取りの往復数である。

$$p_o \cdot \left(\sum_{i=0}^{n-1} (p_o \cdot p_c)^i \right) \cdot (t_o + t_c \cdot p_c) \dots\dots\dots (4)$$

(4) CALS/ECによる時間短縮効果

CALS/EC型で電子メールを連絡手段として使用した場合と、従来型Iで電話による連絡で相手がいない場合に折り返し電話を頼む場合とを、比較した総連絡所要時間の期待値の短縮率の一般式は、式(4)を式(1)で割ればよいから、次式(5)で表される。

$$1 - (p_o \cdot p_c)^n \dots\dots\dots (5)$$

やり取りの往復数が1と2の場合について、受注者側の担当者の不在確率 p_c と発注者側の担当者の不在確率 p_o を0から0.9まで変化させた場合の時間短縮率は、図-5、6に示すとおりである。双方の担当者が不在がちで連絡が1往復のやり取りですむ場合には、電子メールを使用した場合、電話の場合の約20%の時間で連絡を終えることができる。

受注者側、発注者側の担当者の不在確率が等しく、0から0.9まで変化したとして、必要な往

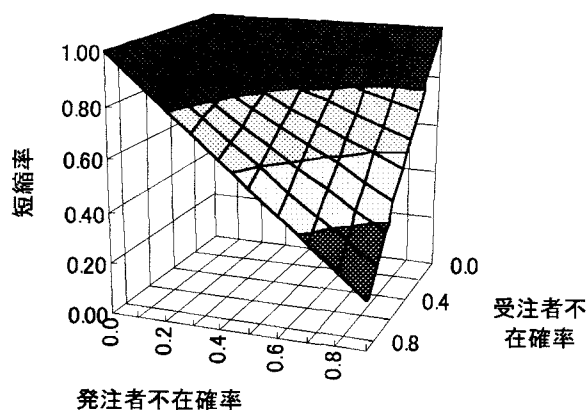


図-5 CALS/EC型による時間短縮率 (1往復)

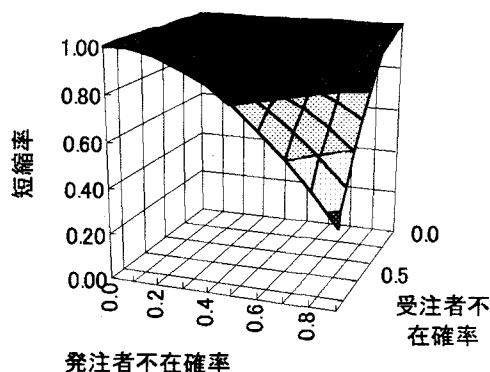


図-6 CALS/EC型による時間短縮率 (2往復)

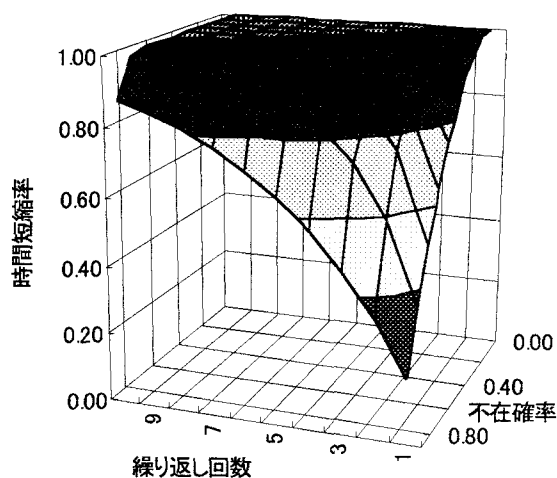


図-7 不在確率と繰り返し回数に変化した場合の時間短縮率

復のやり取り数が1から10の場合の時間短縮率を示したのが図-7である。これからわかることは、必要なやり取り数が少ない、すなわち、用件が単純で、双方の担当者の不在確率が大きいほど電子メールによる総連絡所要時間の期待値の短縮率は大きくなるということである。これは、たとえば、工事完成近くになって、皆が忙しくなったときに簡単な連絡をしたいという状況に相当すると考えられる。逆にいえば、ディスカッションなど複雑な内容のやり取りには電子メールは、向いていない。

4. 結論と今後の課題

電話による連絡と電子メールによる連絡をモデル化して、電子メールによる連絡所要時間の短縮率を定量的に示した。その結果、用件が単純で担当者の不在確率が大きいほど電子メールは、有効であることが判明した。

今後、施工の各段階における、担当者の不在確率の分布、席に戻るまでの時間の分布などの実態調査を行い、電子メールの有効な利用法を検討する必要がある。

5. おわりに

2004年に建設省が直轄工事をCALS/ECで実施するようになるまで、もうあまり時間がない。早急に対応する必要があるが、その取り組みは不十分と考えられる。その1つの理由としては、CALS/ECの定量的な効果がはっきりせず、導入するという決断ができないという面があ

ると考えられ、本研究がCALS/EC導入を促進する効果を持つことを祈念する。

なお、本研究の一部は、文部省科学研究費補助金基盤研究A（課題番号10305038）を受けて行ったものである。

参考文献

- 1) 島崎敏一, "建設CALS/ECのニューパラダイム- 97年の軌跡と98年の展望", 橋梁, 1998年1月, Vol.34, No.1, pp.43-45.
- 2) 建設省, 「建設CALS/EC整備基本構想」, 1996年4月.
- 3) 建設マネジメント委員会マネジメント技術小委員会, 建設CALS概念分科会研究報告書, 土木学会, 平成9年5月.
- 4) 日本土木工業協会公共工事委員会CALS検討ワーキンググループ, 建設CALS入門, 日経BP社, 1998年6月.
- 5) 井上英也, エレクトロニック・コマース入門, 日本経済新聞社, 1998年5月.
- 6) 戸田保一, 飯島淳一, 速水治夫, 堀内正博, ワークフロー: ビジネスプロセスの変革に向けて, 日科技連, 1998年5月.
- 7) R.F.Drenick, "The Failure Law of Complex Equipment", J.Soc. Indust. Appl. Math. pp.680-690, Vol.8, No.4, December 1980.
- 8) 尾崎俊治, 確率モデル入門, 朝倉書店, 1997年5月.
- 9) 市田嵩, 鈴木和幸, 信頼性の分布と統計, 日科技連, 1984年9月.

Shortening Effect of Correspondence Time by CALS/EC

Toshikazu SHIMAZAKI

Ministry of Construction, Japanese Government decided and announced to execute the public works using Construction CALS/EC system by 2004. Due to the situation, many organization, such as Ministry of Construction, Japan Society of Civil Engineers, have been doing various researches on Construction CALS/EC. Those research reports and many other books are insisting on that the system is effective for the construction works in qualitative basis. As for the quantitative evaluation, however, few researches are done. This is the one of the reasons that the introduction of the system to construction works is not so intensively done yet especially in case of medium to small size enterprises. Although there are various types of effects in introduction of the Construction CALS/EC system, the research concentrates to the shortening effect of correspondence time by CALS/EC as the first step of the qualitative research. The expected time for correspondence of traditional telephone system and CALS/EC type electronic mail are compared and analyzed. The result shows the situation that the electronic mail system can be used very much effectively.